



## **DIU - Dresden International University**

Studiengang Management Sicherheit und  
Gesundheit bei der Arbeit (M.Sc.)

### **MASTERARBEIT**

Thema:

Produktionsergonomische Bewertung der aktuellen Produktionslinie des  
Centerwave 6000

vorgelegt von: Dipl. Ing. (FH) Lars van Brackel

# **MASTERARBEIT**

von

Lars van Brackel, geboren am 26.06.1969 in Köln.

Matrikelnummer: 7008804

Zur

Erlangung des akademischen Grades

**Master of Science**

Tag des Beginns: 28.04.2019

Tag der Einreichung: 26.08.2019

1. Gutachterin: Dr.-Ing. Christiane Kamusella – TU-Dresden

2. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Martin Schmauder – TU Dresden

**Sperrvermerk:**

Ein Sperrvermerk wurde von der Firma SIKORA AG für die vorliegende Arbeit nicht eingefordert. Die vertraulichen Daten dieser Arbeit befinden sich in den separaten Anlagen I und II. Nur diese unterliegen der Nichtveröffentlichung und sind vom Autor gesperrt.

**Vorwort:**

Die vorliegende Masterarbeit richtet sich an Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Sicherheitsingenieure und Führungskräfte aus produzierenden mittelständischen Unternehmen. Das Ergebnis dieser Arbeit soll als praktischer Leitfaden verstanden werden, um physische Belastungen zu ermitteln und geeignete Analyseverfahren transparent zu gestalten sowie um eine mögliche Vorgehensweise für Sicherheitsfachkräfte und Personalverantwortliche aufzuzeigen.

Mein besonderer Dank richtet sich an meine Ehefrau Katharina Koch, die mir in meinem Masterstudium „Management Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit“ in ‚bärenstarker Weisheit‘, Ruhe und Mitgefühl zu Seite gestanden hat.

Außerdem möchte ich Dr. Christiane Kamusella, die eine sehr gute Lotsin und wissenschaftliche Betreuerin war und einen ‚Fachhochschul-Praktiker‘ durch die vorliegende Masterarbeit geführt hat, danken.

Des Weiteren gilt mein Dank der Firma SIKORA AG in Bremen, die es erst ermöglicht hat, diese Arbeit anzufertigen sowie dem Mitarbeiter, der sich bereit erklärt hat, seine Tätigkeit genau analysieren zu lassen und dabei sehr gelassen geblieben ist.

**Abstrakt:**

Die Gesundheit von Beschäftigten in Unternehmen wird unter dem Aspekt einer sich verändernden Altersstruktur und sich schneller wandelnden Arbeitsbedingungen zunehmend an innerbetrieblicher Bedeutung gewinnen. Sie ist einer der Schlüssel zur Erhaltung und Förderung der Arbeitsbewältigungsfähigkeit der Mitarbeiter und damit Arbeitsfähigkeit sowie die Leistungsbereitschaft auf der Lebensarbeitszeitachse zu erhalten und somit Kontinuität in einer manuellen Produktion zu erzeugen.

Die Vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit der Analyse eines Montagearbeitsplatzes in einem mittelständischen Betrieb, hinsichtlich ergonomischer Belastungsfaktoren. Bei der analysierten Tätigkeit steht die physische Belastung aus Körperzwangshaltung und des Hand-Arm-Schulter Systems im Mittelpunkt, da dieses die wesentlichen Belastungsfaktoren sind.

Ein weiterer Aspekt war, dass die hier untersuchte Arbeitsaufgabe eine sehr gute Ausgangsbasis schafft um Rückschlüsse auf die Fertigungs- und Montagebedingungen fast aller anderen Produkte zu ziehen. Die Arbeit gibt somit nicht nur Auskunft über die aktuelle ergonomische Belastung bei der Produktion des Centerwave 6000 und ihrer Verbesserungsmaßnahmen, sondern eröffnet auch die Perspektive einen generellen Gesundheitsgewinn zu erzielen, der auf der Minimierung von vergleichbaren ergonomischen Risikofaktoren in der gesamten Fertigung beruht.

**Schlüsselwörter:** Bewertung, Montage- und Produktionstätigkeit, Ergonomie, physische Belastung, Körperzwangshaltung, Hand-Arm-Schulter System, Ovako Working Posture Analysing System [OWAS], Leitmerkmal-methode manuelle Arbeiten (2011) Expertenversion [LMM-MA-E]

**Abstract:**

Due to changing age demographics and rapidly changing working conditions, the health of employees is set to become increasingly important. Employee health is one of the keys to maintaining employees' ability to cope with work and their willingness to perform on the lifetime working time axis and thus to creating continuity in manual production.

This study analyzes the ergonomic stress factors of an assembly workplace in a medium-sized company. The analysis focuses on the physical strain from body posture and the hand-arm-shoulder system.

This analysis provides a firm basis for drawing conclusions about the manufacturing and assembly conditions of almost all other products. This study thus not only provides information on the current ergonomic load during the production of the Centerwave 6000 and its improvement measures, but also provides an opportunity to achieve a general health gain based on the minimization of comparable ergonomic risk factors throughout the entire production process.

**Keywords:** assembly and production activity, ergonomics, physical stress, body posture, hand-arm-shoulder system, Ovako Working Posture Analysing System [OWAS]

## INHALT

1	Ausgangssituation .....	1
2	Zielsetzung und Untersuchungsgegenstand .....	4
3	Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit .....	7
4	Theoretische Grundlagen .....	10
4.1	Rechtsgrundlagen .....	10
4.2	Physiologische Grundlagen und Folgen von Überbeanspruchung durch physische Belastung .....	12
4.3	Eingesetzte Beurteilungsverfahren .....	17
4.3.1	Grobscreening .....	17
4.3.2	Screening-Verfahren zur Ermittlung von Körperhaltung/OWAS ....	17
4.3.3	Expertenverfahren zur ergonomischen Beurteilung von Belastungen bei manueller Arbeit/LMM-mA-EC .....	21
4.3.4	Stellschraubenkonzept .....	28
5	Beschreibung der untersuchten Tätigkeiten .....	30
5.1	Beschreibung des Montageablaufes .....	32
5.1.1	Teilvorgänge der Montage .....	32
5.1.2	Beschreibung des Centerwave 6000 .....	34
6	Beurteilung der Tätigkeiten .....	36
6.1	Ergebnisse des Grobscreenings .....	36
6.2	Ergebnisse des Körperhaltungs-Screenings/OWAS .....	38
6.2.1	Hauptvorgänge A bis D .....	39
6.2.2	Hauptvorgänge E bis F .....	41
6.2.3	Hauptvorgänge A bis D/Prozentuale Verteilung .....	42
6.2.4	Hauptvorgänge E bis F/Prozentuale Verteilung .....	43
6.3	Ergebnisse zu Belastungen durch manuelle Arbeit/LMM-mA-EC .....	44
6.3.1	Hauptvorgänge A bis D .....	45
6.3.2	Hauptvorgängen E bis F .....	46
7	Auswertung der Gesamtbeurteilungen .....	47
7.1	Körperhaltung/OWAS .....	47
7.2	Manuelle Arbeit/LMM-mA-EC .....	50
8	Stellschraubenkonzept und Erstellung von Belastungs-alternativen .....	53
8.1	Extraktion von Einflussgrößen .....	53
8.2	Ermittlung von Belastungsalternativen .....	54
9	Maßnahmenentwicklung .....	56
10	Zusammenfassung und Ausblick .....	59
10.1	Überblick und Ergebnisse .....	59
10.2	Ausblick .....	62
	QUELLENVERZEICHNIS .....	I
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	VIII
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	IX
	TABELLENVERZEICHNIS .....	X
	ANLAGENVERZEICHNIS .....	XI

## 1 Ausgangssituation

Arbeiter sehen sich bei der Durchführung ihrer Beschäftigung besonderen Anforderungen gegenüber, die bei falscher Gestaltung der Tätigkeit zu gesundheitlicher Überbeanspruchung führen kann. Die vorliegende Arbeit ordnet sich thematisch in die ergonomische Gestaltung von Arbeitstätigkeiten ein, um physische Belastungen mithilfe von geeigneten Ergonomie-Bewertungsverfahren zu minimieren. Hierdurch können nach Martin Schmauder (Vorlesungsskript 2018, S. 2), basierend auf dem Belastungs- und Beanspruchungsmodell, mögliche gesundheitliche Muskel-Skelett-Erkrankungen [MSE] der Mitarbeiter gemäß Abb. 1-1 präventiv verhindert werden. MSE sind nach wie vor Ursache für fast ein Viertel der betrieblichen Fehlzeiten, wie aus einer Erhebung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [BAuA] aus dem Jahr 2018 hervorgeht (siehe Abb. 1-2).

### ■ ■ ■ Belastungs-Beanspruchungsmodell

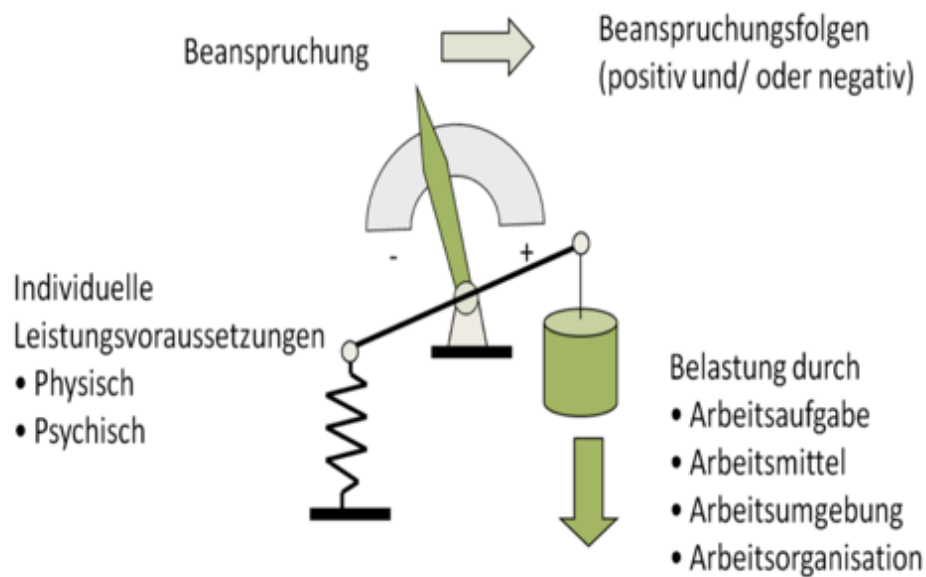


Abb. 1-1: BAuA - Belastungs- und Beanspruchungsmodell nach Technischer Regel Betriebssicherheit [TRBS] 1151 (2015, S.5 ff.) und Schmauder M. (2018, S. 2)

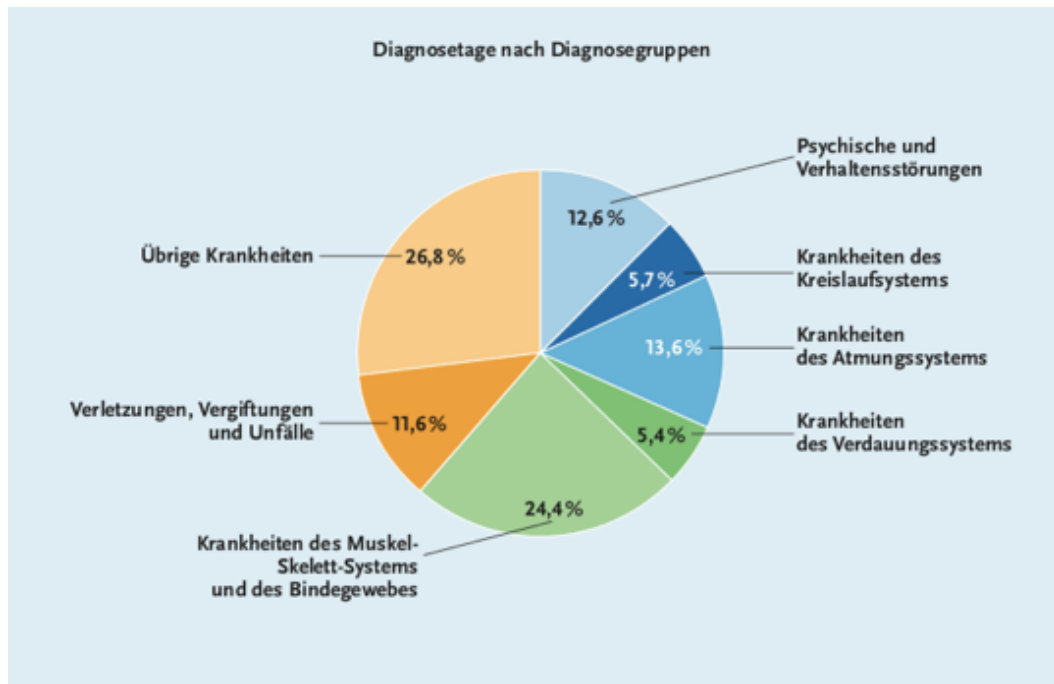


Abb. 1-2: BAuA – Zahlen-Daten-Fakten (2018, S. 45) und Suga (2016, S. 111)

Grundlage und Motivation dieser Masterarbeit ergeben sich mit der Tätigkeit des Autors als bestellter Sicherheitsingenieur nach dem Arbeitssicherheitsgesetz [ASiG] und der damit verbundenen Neuaufnahme der Gefährdungsermittlung und -beurteilung nach dem Arbeitsschutzgesetz [ArbSchG] für den mittelständischen Betrieb. Hierbei handelt es sich um die Arbeitsplätze in der Entwicklung, Planung, Konstruktion, Fertigung und den Vertrieb von spezialisierten physikalisch-elektrotechnischen Messgeräten im Bereich der Qualitätssicherung. Diese Geräte werden in Kleinserie manuell in Bremen produziert.

Durch eine Neubewertung des Arbeitsschutzes im Unternehmen wird deutlich, dass bisher keine produktionsergonomische Beurteilung der Gefährdungen bzw. keine Evaluierung von potentiellen Gestaltungsmöglichkeiten zur Effizienzverbesserung der vorhandenen Arbeitssysteme erfolgte. Bei der Gefährdungsermittlung innerhalb der Produktions- und Fertigungsstätte zeigte sich die Vergleichbarkeit der durchgeführten manuellen Tätigkeiten bei der Fertigung und Montage der einzelnen Produkte untereinander. Diese Beobachtung trifft auch hinsichtlich der Belastungssituationen in Art, Inhalt und Komplexität der Fertigung der Einzelkomponenten als auch der Montage der Einzelgeräte zu.



Durch die Entscheidung für die Produktion eines neuen Messgerät-Typs, dem in Abb. 1-3 gezeigten Centerwave 6000, steht ein Gerät zur Verfügung, anhand dessen eine ergonomische Analyse, Bewertung und Gestaltung im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt werden kann.

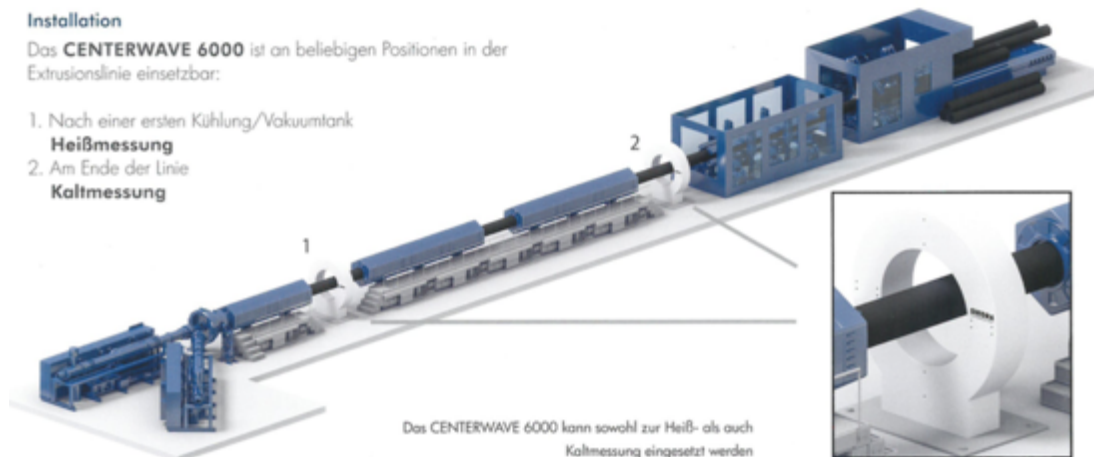


Abb. 1-3: Ausschnitt aus dem Produktprospekt Centerwave 6000, SIKORA AG

Bisher wurden die einzelnen technologischen Operationsschritte und die daraus resultierenden Arbeitsvorgänge keiner arbeitsgestalterischen Bewertung unterzogen. Ergonomische Aspekte sowie die Wirkung von Belastungen auf die Beschäftigten wurden bislang nur rudimentär berücksichtigt. Aktuell dominiert der Fokus auf die Sicherstellung der Funktionalität und Qualität des Produkts.

Mit Beginn des berufsbegleitenden Studiums „Management Arbeitssicherheit und Gesundheit bei der Arbeit“ an der Dresdner International University und dem Institut für Arbeitssicherheit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung [DGUV] sowie dem Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme der Technischen Universität [TU] Dresden eröffnete sich der Zugang zu erforderlichem Fachwissen in Form von relevanten ergonomischen Bewertungsverfahren. Hierdurch wurde die Grundlage gelegt, um ein fundiertes Ergonomie-Screening durchzuführen, und somit die Beurteilung von Gefährdungsfaktoren vornehmen zu können.

Das Zusammenkommen von persönlichem Interesse, dem vorhandenen Praxiswissen aus der langjährigen Arbeit als Sicherheitsingenieur, der Erkenntnis um die gesundheitliche Bedeutung und die Potentiale der Ergonomie in

Produktions- und Fertigungsbetrieben und einem zur Verfügung stehenden, geeigneten Analyse-Objekt haben zum Entstehen dieser Masterarbeit geführt.

Zusätzlich werden durch die Masterarbeit ein praktischer Bezug zum Studienfach hergestellt und theoretische arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse auf ein innerbetriebliches und reales Objekt angewendet. Für die Verwendung des Centerwave 6000 im Unternehmen besitzt die Arbeit eine praktische Bedeutung, da die Wissenslücke hinsichtlich der Methodik einer Ergonomieuntersuchung in Bezug auf gesundheitliche Faktoren geschlossen wird und Verbesserungspotentiale aufgezeigt werden.

## **2 Zielsetzung und Untersuchungsgegenstand**

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, eine konkrete Grundlage für eine innerbetriebliche Verknüpfung zwischen der Arbeitssicherheit und dem Gesundheitsschutz, basierend auf einem menschenorientierten Ansatz, zu schaffen. Dieses wird durch die Anwendung der folgenden Prinzipien und Konzepte der Ergonomie erreicht:

- Aufgabenorientierung: Berücksichtigung der Beschaffenheit der Aufgabe und deren Auswirkung auf den Menschen,
- Belastungs-Beanspruchungs-Konzept: Auswirkungen von Belastungen infolge der im Individuum erzeugten Beanspruchung,
- Anpassung der Komponenten eines Arbeitssystems an die individuellen Merkmale der Mitarbeiter.

Martin Schmauder und Birgit Spanner-Ulmer (2014) drücken es wie folgt aus:

„Der Aspekt, dass Arbeit sowohl positive als auch negative, d. h. gesundmachende und krankmachende Wirkung hat“ und es „darum geht, durch die Anwendung der Regeln der Ergonomie positive Wirkung zu verstärken und negative zurückzudrängen.“ (S. 16)

Die sich daraus ergebenden Teilziele sind rechtlicher, ökonomischer und betriebswirtschaftlicher Natur:

- Beginn der Umsetzung der Novelle der Betriebssicherheitsverordnung [BetrSichV] von 2015, die auf der aktuellen Fassung des Arbeitsschutzgesetzes und der EU-Rahmenrichtlinie 89/391/EWG beruht,
- Einhaltung spezifisch geforderter technischer Regeln nach BetrSichV §§ 3 (2) 2. (4) und 6 (1) und damit des Stands der Technik,
- Menschliche Arbeit und die gesundheitserhaltende und altersgerechte Gestaltung der Betätigung als Elementarfaktor in der Betriebswirtschaftslehre, im Zusammenhang mit den Betriebsmitteln und Werkstoffen im konkreten Unternehmen,
- Arbeit und deren menschliche und nachhaltige Gestaltung als Produktionsfaktor in der Ökonomie.

Diese Arbeit soll dazu beitragen, das übergreifende Ziel im Unternehmen zu realisieren. Die zugrunde liegende Hypothese lautet, dass sich die aktuelle Tätigkeitsgestaltung durch krankheitsbewirkende physische Belastungsfaktoren auszeichnet, die eine körperlich belastende Exposition darstellen.

Die Vorgehensweise dieser Arbeit orientiert sich an der in Abb. 2-1 gezeigten Schrittfolge einer Methodik der Ergonomieanalyse, -bewertung und -optimierung nach Kamusella (2015) sowie Gröllich, Schmauder und Kamusella (2016).

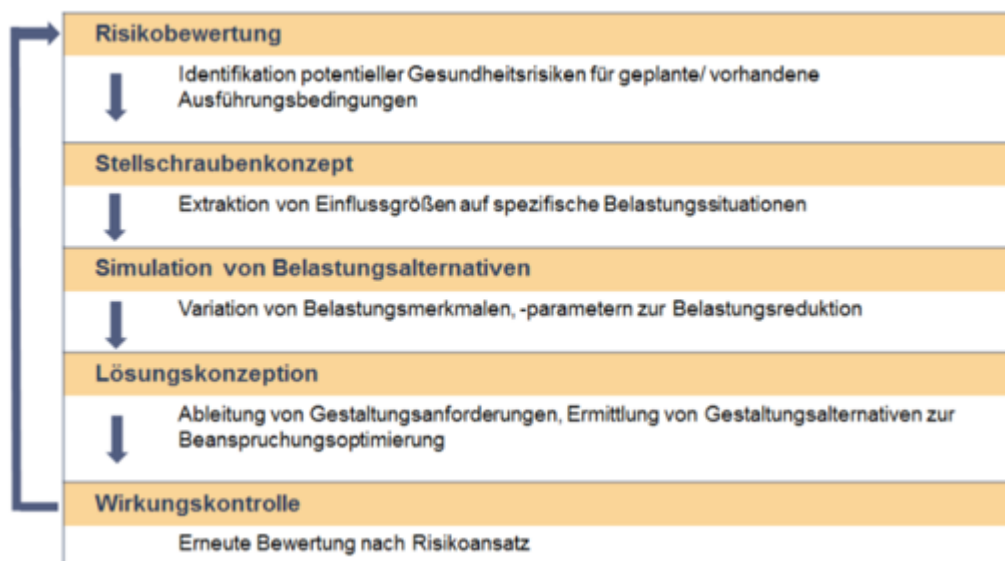


Abb. 2-1: Methodik einer Ergonomieanalyse, -bewertung und -optimierung nach Kamusella (2015, S. 2) und Gröllich et al. (2016, S. 11)

Daraus leiten sich die folgenden Ziele der Arbeit ab:

- i. **Risikobewertung:** Über Analysen im Rahmen eines Grobscreenings sind Belastungsschwerpunkte zu finden, für die im Anschluss geeignete Detailanalysen durchgeführt werden. Dabei sind geeignete Ergonomieverfahren einzusetzen, die der Tätigkeitsspezifik Rechnung tragen. Ziel ist es, die potentiell vorhandenen Gesundheitsrisiken bei der Montage des Centerwave 6000 zu identifizieren und Maßnahmenbedarfe zu ermitteln. Dabei werden schwerpunktmäßig physische Belastungen nach den auftretenden Belastungsarten klassifiziert und betrachtet.
- ii. **Stellschraubenkonzept:** Die für die Belastungsarten verantwortlichen Merkmale sind über eine systematische Auswahl zu extrahieren, da diese zu betrachtende Einflussgrößen darstellen, die auf den Ergebnissen der Risikobewertung beruhen (Extraktion von Belastungsgrößen).
- iii. **Ermittlung von Belastungsalternativen:** Die identifizierten Belastungsmerkmale werden in diesem Schritt in ihren Ausprägungen variiert. Dabei sind Rangfolgen der Gestaltung und der Wirksamkeit der Parameter zu berücksichtigen. Es wird versucht, herauszufinden, welche Änderungen an den Tätigkeitsmerkmalen vorzunehmen sind, sodass die Arbeitsbedingungen als geringfügig bis nicht belastend klassifiziert werden können.
- iv. **Maßnahmenentwicklung:** Die zuvor als geeignet identifizierten Stellschrauben zur Belastungsreduzierung werden schließlich mit konkreten Gestaltungsalternativen hinterlegt, um die gewünschte Belastungsreduzierung bei der Montage des Centerwave 6000 zu erreichen (Lösungskonzeption).

### 3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Aus der zuvor beschriebenen Methodik und ihren Zielen leitet sich ein konkretes Vorgehen ab, dass sich im Hauptteil dieser Arbeit, bestehend aus den Kapiteln vier bis zehn, widerspiegelt.

Kapitel vier beinhaltet die Darstellung der theoretischen Basis bestehend aus einer inhaltlichen und rechtlichen Charakterisierung mit Informationen zu den juristischen und physiologischen Grundlagen. Die angewendeten Beurteilungsprozesse mit Informationen zu dem (Grob-)Screening- und Expertenverfahren werden hier beschrieben. Diese bestehen dem aus ‚Assembly Worksheet light‘ [AWS<sup>light</sup>], dem ‚Ovako Working Posture Analysing System [OWAS] sowie der ‚Leitmerkmalmethode zu manuellen Arbeiten Expertenverfahren‘ [LMM-mA-E] hrsg. durch das BAuA, 2012. Letztere ist die Basis für das rechnergestützte Analyseverfahren in der modifizierten Version des Institutes für Technische Logistik und Arbeitssysteme der Fakultät Maschinenwesen der TU-Dresden [LMM-mA-EC].

In den Kapiteln fünf bis sieben werden einerseits die Erfassung der Ausgangsinformationen bzgl. der bei der Tätigkeit aufgetretenen Körperzwangshaltungen, und andererseits die Tätigkeiten, bei denen es zu einer hohen Belastung des Finger-Hand-Arm-Bereichs bei manuellen Arbeiten kommt, beschrieben. Typische Merkmale dieser Tätigkeiten sind erzwungene Körperhaltungen und ungünstige Winkelbereiche, die länger als vier Sekunden anhalten, sowie Anforderungen an die Geschicklichkeit und die Detailorientierung der Angestellten. Die Beobachtungen wurden vor Ort während der Durchführung der Tätigkeiten vorgenommen und mithilfe der sog. Papier- und Bleistiftmethode festgehalten sowie zeitlich protokolliert. Der Arbeitsplatz mit den entsprechenden Abmessungen und Strecken wird durch eine vereinfachende Skizze dargestellt. Ergänzt wird diese durch Fotos im Anhang 3, um die räumliche Anordnung des Arbeitsplatzes im Arbeitsraum zu dokumentieren. Des Weiteren werden grundlegende Informationen zum Verständnis der durchgeführten Vor-, Gesamt- und Teilabläufe gegeben.

In Kapitel sechs befinden sich die dazugehörigen Einstufungs- und Bewertungsergebnisse. Diese werden anhand von Darstellungen der Klassifizierungen, der Häufigkeiten der Arbeitshaltungen, der prozentualen Aufteilung sowie deren Zuordnung zu den Maßnahmenklassen mithilfe des OWAS-Verfahrens präsentiert. Außerdem werden die Faktoren, die die Leitmerkalmethode ausmachen, beschrieben. Diese umfassen das manuelle Arbeiten, die Kraft sowie die Kraftübertragung der linken und rechten Hand, die dazugehörige Hand-Arm-Stellung sowie die Arbeitsorganisation und -bedingungen. Die Gesamtbeurteilung des jeweiligen (Teil-)Vorgangs sowie eines Überblickes der errechneten, zeitgewichteten Bewertung nach der LMM-mA-EC werden in Kapitel sieben dargestellt.

Die Erläuterungen zum ‚Stellschraubenkonzept‘ (Prinzipielle Methodik einer Ergonomieanalyse, -bewertung und -optimierung (Kamusella, 2015 sowie Gröllich et. al., 2016) werden in Kapitel acht vorgestellt. Dieses Kapitel umfasst auch eine Übersicht der in Kapitel sieben identifizierten potentiellen Gesundheitsrisiken und deren Belastungsmerkmale. Außerdem erfolgt die Darstellung und Erläuterung der vorgenommenen Simulationen zur Ermittlung von Belastungsalternativen durch die Variation der Parameter, mit dem Ziel, mögliche Belastungsreduktionen zu identifizieren.

Kapitel neun zeigt konkrete technische und organisatorische Maßnahmen auf, um eine Reduzierung der Beanspruchung zu erreichen. Kapitel zehn schließt diese Arbeit mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse, einem Fazit und einem Ausblick auf weitere potentielle Untersuchungsgegenstände ab.

Generelle Fragestellungen zu Gesundheitsrisikomodellen oder der Systematik bezüglich physischer Belastungsarten oder Bewertungsverfahren sind nicht Gegenstand dieser Arbeit. Informationen diesbezüglich können u. a. der Literaturrecherche und den dort gefundenen Quellen entnommen werden. Ebenfalls wurde kein subjektives Verfahren angewendet, um psychophysiologische Messungen vorzunehmen.

Es finden sich keine Informationen zu den ggf. getroffenen unternehmerischen Maßnahmen zur Umsetzung der Lösungsvorschläge oder Ergebnisse der

Wirkungskontrolle. Weiterhin werden keine konkreten Vorschläge zum Aufbau eines Ergonomiemanagements gemacht. Dies ist dadurch begründet, dass nach Abschluss der Datenaufnahme im Februar 2018 ein Berufswechsel zu einem anderen Arbeitgeber erfolgte und somit die innerbetrieblichen Aktivitäten nicht weiterverfolgt werden konnten.

Das Handhaben von Lasten aufgrund des Gewichts, der Häufigkeit oder der Körperhaltung, in der die Lasten gehoben oder getragen werden müssen, wurde nicht betrachtet, da alle verwendeten Handwerkzeuge weniger als drei Kilogramm wogen. Für Material, dessen Gewicht mehr als drei Kilogramm betrug, standen technische Hilfsmittel zur Verfügung. Außerdem war der Expositionszeitraum gering.

## 4 Theoretische Grundlagen

### 4.1 Rechtsgrundlagen

Die nationale Rechtsgrundlage im Bereich des Arbeitsschutzes basiert auf den europäischen Rechtsvorgaben, insbesondere auf Art. 118a des EG-Vertrags und der darauf aufbauenden EU-Rahmenrichtlinie 89/391/EWG.

Im Bereich der physischen Belastung wurden u. a. die EU-Richtlinien im Europäischen Amtsblatt veröffentlicht, die Abb. 4-1 entnommen werden können.

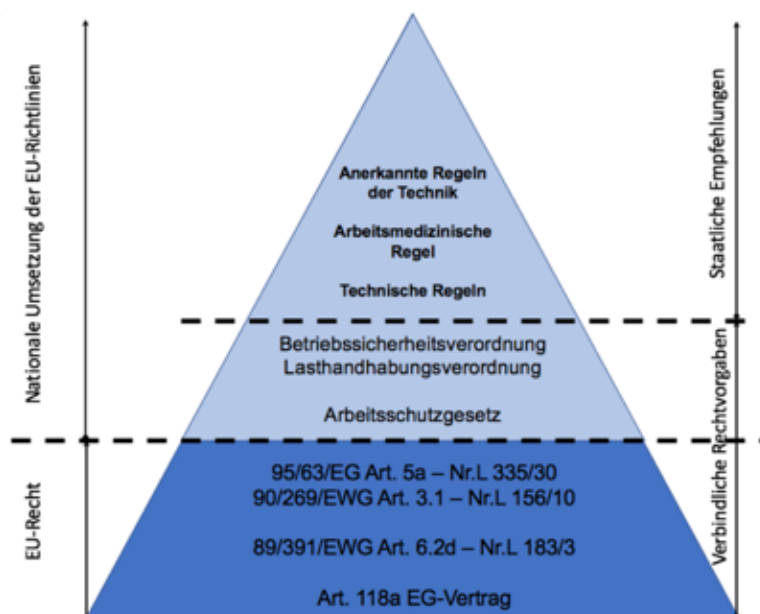


Abb. 4-1: Rechtspyramide – physische Belastung/Lars van Brackel

Für Arbeitgeber beschreibt das ArbSchG und die hierzu gehörende BetrSichV die Schutzziele bzgl. der Gestaltung von Arbeitstätigkeiten:

„Die Arbeit ist so zu gestalten, **dass eine Gefährdung für das Leben sowie die physische** und die psychische **Gesundheit möglichst vermieden** und die verbleibende Gefährdung möglichst gering gehalten wird.“ (ArbSchG, 2015, S. 2)

Aus der Begründung des Deutschen Bundestages bzgl. des 1996 veröffentlichten ArbSchG kann folgendes zu § 2 (1) ArbSchG entnommen werden:



„Der in der Bundesrepublik Deutschland eingeführte Begriff *menschengerechte Gestaltung der Arbeit* deckt sich inhaltlich mit der in Artikel 6 Abs. 2 Buchstabe d der EU-Rahmenrichtlinie 89/391/EWG enthaltenen Formulierung ‚**Berücksichtigung des Faktors Mensch bei der Arbeit**‘. Eine menschengerechte Gestaltung der Arbeit liegt dann vor, wenn insbesondere bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen sowie bei der Auswahl von Arbeitsmitteln und Arbeits- und Fertigungsverfahren [...] auf eine Verminderung ihrer gesundheitsschädlichen Auswirkungen für die Beschäftigten hingewirkt wird.“ (Drucksache 13/3549, 1996, S. 15)

Aus der in Abb. 4-2 dargestellten arbeitsschutzspezifischen Rechtspyramide können, neben den verbindlichen nationalen Gesetzen und Verordnungen, noch weitere anerkannte und für die betriebliche Praxis entwickelte Verfahren und tätigkeitsspezifische Konkretisierungen entnommen werden. Dazu gehören z. B. die Leitmerkmalmethoden der BAuA und die Arbeitsmedizinische Regel [AMR] 13.2 „Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System“.

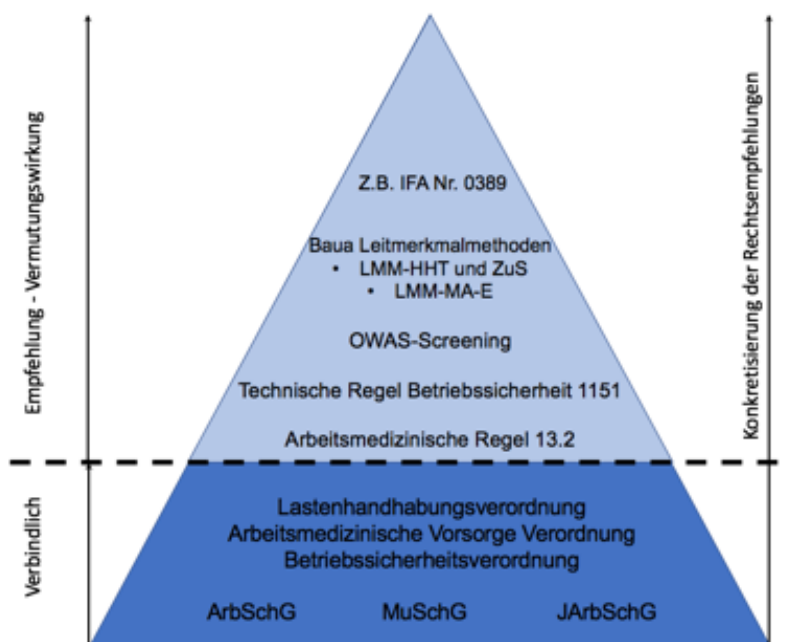


Abb. 4-2: Nationale Rechtspyramide – physische Belastung/Lars van Brackel

Die Rangfolge der vom Arbeitgeber einzuhaltenden Vorschriften beruht auf den Vorgaben der Schutzziele aus dem ArbSchG und der BetrSichV. Letztere wird

insbesondere durch die TRBS 1151 „Gefährdungen an der Schnittstelle Mensch – Arbeitsmittel – Ergonomische und menschliche Faktoren, Arbeitssystem“ (Bundesministerium für Arbeit und Soziales [BMAS] / BAuA, 2015) und die AMR 13.2 „Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System“ (BMAS/BAuA, 2014) konkretisiert. Weicht der Arbeitgeber hiervon ab, führt dies zur Beweislastumkehr und im Zweifel muss er gegenüber den Aufsichtsbehörden den Nachweis erbringen, dass die Schutzziele aus den Gesetzen und Verordnungen eingehalten wurden.

Bei der Ermittlung und Bewertung von physischen Belastungen sollte der Arbeitgeber die Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung dahingehend berücksichtigen, dass Verfahren zur Anwendung kommen, die durch Fachministerien, deren Bundesämter und den zuständigen Aufsichtsbehörden anerkannt sind und von Berufsgenossenschaften empfohlen werden.

#### **4.2 Physiologische Grundlagen und Folgen von Überbeanspruchung durch physische Belastung**

Physische Belastungen sind oft Gegenstand des beruflichen Alltags und können zu Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems führen (s. auch Tab. 4-1). Sie sind somit eine häufige Ursache von Arbeitsunfähigkeit und stellen anerkannte Berufskrankheiten [BK] im Bereich der mechanischen Einwirkungen dar.

Tab. 4-1: Übersicht zum Anteil an Berufskrankheiten und Arbeitsunfähigkeitstagen, s. DGUV-Statistiken (2018, S. 62) und BAuA (2019, S. 45)

<b>Art</b>	<b>Quelle</b>	<b>Anteil</b>
Bandscheibe/BK 2108	DGUV Statistiken 2017 – Übersicht 24 Verdachtsanzeigen	0,85 %
Hand-Arm-System/BK 2113	DGUV Statistiken 2017 – Übersicht 24 Verdachtsanzeigen	1,3 %
Lendenwirbelsäule (Heben und Tragen) / BK 2108	DGUV Statistiken 2017 – Übersicht 24 Verdachtsanzeigen	6,87 %
Arbeitsunfähigkeitstage – Muskel-Skelett-System und Bindegewebe	BAuA – Arbeitswelt im Wandel: Zahlen, Daten und Fakten, Ausgabe 2018	24,4 %

In Tab. 4-2 ist eine Statistik des Betriebskrankenkassen [BKK] Dachverbandes aus dem Berichtsjahr 2017 dargestellt, die die Arbeitsunfähigkeitstage von Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems und des Bindegewebes noch einmal separat in spezifischere Erkrankungen aufschlüsselt. Im Forschungsbericht (BAuA-Projekt-F 2225, 2016, S.129 ff.) wird ebenfalls das berufsspezifische Risiko für das Auftreten von Arbeitsunfähigkeit durch Muskel-Skelett-Erkrankungen und Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems (in Berufen mit hoher Relevanz für die Prävention) ausführlich dargestellt.

Tab. 4-2: Arbeitsunfähigkeitstage nach Diagnosegruppe, Geschlecht und arbeitsbedingten Gesundheitsproblemen, BKK-Gesundheitsreport (2018, Tab. 1.2.2., S. 53)

ISD-10-Code	Diagnosen	AU-Fälle	AU-Tage	Tage je Fall
		je 1.000 Mitglieder ohne Rentner		
Männer				
M54	Rückenschmerzen	93,5	1.308	14,0
M75	Schulterläsionen	12,0	391	32,6
M51	Sonstige Bandscheibenschäden	10,7	345	32,2
M23	Binnenschädigung des Kniegelenkes [internal derangement]	10,0	302	30,1
M25	Sonstige Gelenkkrankheiten, andernorts nicht klassifiziert	14,1	243	17,3
M17	Gonarthrose [Arthrose des Kniegelenks]	5,7	217	38,3
M77	Sonstige Enthsopathien	11,0	187	17,0
M16	Koxarthrose [Arhtrose des Hüftgelenks]	2,8	125	44,8
M53	Sonstige Krankheiten der Wirbelsäule und des rückens, andernorts nicht klassifiziert	7,6	122	16,1
M19	Sonstige Arthrose	3,3	110	33,2
Frauen				
M54	Rückenschmerzen	58,9	1.018	14,8
M75	Schulterläsionen	8,2	302	36,7
M51	Sonstige Bandscheibenschäden	9,1	301	33,0
M23	Binnenschädigung des Kniegelenkes [internal derangement]	6,1	206	33,8
M25	Sonstige Gelenkkrankheiten, andernorts nicht klassifiziert	4,0	177	44,3
M17	Gonarthrose [Arthrose des Kniegelenks]	9,0	176	19,6
M77	Sonstige Enthsopathien	8,0	159	19,8
M16	Koxarthrose [Arhtrose des Hüftgelenks]	8,5	135	15,8
M53	Sonstige Krankheiten der Wirbelsäule und des rückens, andernorts nicht klassifiziert	6,6	131	20,0
M19	Sonstige Arthrose	7,4	124	16,8

Die Ausführung körperlicher Arbeit, die den Untersuchungsgegenstand dieser Masterthesis darstellt, kann z. B. durch Körperzwangshaltungen und manuelle Arbeiten mit häufigen Wiederholungen zu einer Belastung des Stütz- und Bewegungsapparates, wie bspw. der Wirbelsäule und/oder des Hand-Arm-Schulter-Nacken-Bereichs, führen.

Wesentlich beanspruchte Elemente sind hierbei das Muskel-Skelett-System sowie die Wirbelsäule als zentrales Element des Stütz- und Bewegungsapparats. Der physiologische Aufbau der Wirbelsäule folgt den einzelnen Wirbelkörpern und den dazwischenliegenden Bandscheiben über fünf einzelne Abschnitte (Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule, Kreuzbein und Steißbein). Die Wirbelsäule übernimmt die Funktion einer Feder, bedingt durch die Doppel-S-Form-Krümmung. Die Bandscheiben übernehmen hierbei die Funktion von Dämpfungskörpern und verteilen die Belastungen besser im Körper (vgl. Brandis/Schönberger, 1995, S. 49 und A. Faller, 1988, S. 53 f.).

Sie bestehen aus einem zentralen Gallertkern, der von einem Faserring umschlossen wird. Der Gallertkern besteht zum Großteil aus Flüssigkeit, deren Anteil über den Tag variiert, abhängig von der mechanischen Beanspruchung und dem altersbedingten Zustand. Der Flüssigkeitsgehalt innerhalb des Gallertkerns bestimmt somit den Grad der möglichen Pufferfunktion (ebd. S. 53 f., S. 87 ff.).

Das Skelettsystem stellt das dazugehörige passive Stützsystem des Körpers dar, indem es diesen strukturell verstärkt und die benötigten Ansatzpunkte für die Muskeln zur Verfügung stellt. Es kann vereinfacht als ein mechanisches System verstanden werden, das aus Stäben (Knochen) und Gelenken mit bis zu jeweils drei Freiheitsgraden besteht. Die Verbindung und damit Kraftübertragung zwischen Knochen und Muskeln erfolgt durch Sehnen. Das Muskelsystem ergänzt das passive Skelettsystem, das dynamisch-physiologisches Konstrukt und das Organsystem. Es erzeugt die notwendigen Kräfte, um den menschlichen Körper zu bewegen und somit physische Arbeitsleistung zu erbringen. Für eine ergonomische Betrachtung kommt nur die sog. Skelettmuskulatur in Betracht, da sie die steuerbare Körperhaltung bestimmt (ebd. S. 46 f., S. 59 ff.).

Eine Körperhaltung wird erst dadurch ermöglicht, dass die Muskeln durch statische Arbeit die Massenkräfte ausgleichen, die auf den Eigengewichten der Körperteile beruhen.

Bei der Ausführung der Arbeit sollte eine Körperhaltung eingenommen werden, die zu einer geringen Beanspruchung führt, einen optimalen Greif- und Funktionsraum besitzt und ein auf die Tätigkeit angepasstes Arbeits-Pausen-Regime besitzt. Für eine sichere und koordinierte Arbeit des Finger-Hand-Arm-Systems sind eine ‚ruhige Hand‘ und ein ‚gutes Auge‘ erforderlich. Beides benötigt das Stillhalten von Kopf, Rumpf und Beinen. Die Körperzwangshaltung eines Menschen resultiert u. a. aus den Anforderungen an seine Grob- und Feinmotorik und die Sehleistung. Eine direkte Folge ist die erhöhte Haltungsarbeit der Rumpf- und Nackenmuskulatur, die zu Muskelermüdung und daraus folgenden Schmerzen führen kann. Außerdem können sich Beschwerden im Lendenwirbelbereich und ggf. chronische Verspannungen im Nackenbereich einstellen (ebd. S. 52, S. 83 f.).

Die Physiologie des oberen Bewegungsapparates gestattet es insbesondere körperlich arbeitenden Beschäftigten, auf ihr Arbeitsumfeld einzuwirken. Beispielsweise kann mechanisch auf Gegenstände eingewirkt werden. Die Hand mit ihren Gelenken, Sehnen, Nerven und ihrer Muskulatur verkörpert hierbei das ‚menschliche Arbeitswerkzeug‘ schlechthin. Dieses steht in direkter Verbindung mit den Armen und Schultern, die es direkt mit dem menschlichen Körper verbinden. Erst dadurch wird die Durchführung mechanischer Arbeit ermöglicht.

Der gesamte Mechanismus ist in einen passiven und aktiven Bewegungsapparat unterteilt. Die Gelenke, als Teil des passiven Konstrukts, stellen in ihrer Gesamtheit die Verbindung zwischen den Knochen untereinander her. Dies steht im Gegensatz zu den aktiven Skelettmuskeln, die die Gelenke bewegen, die nach den Gesetzen der Mechanik arbeiten.

Die Wirkung eines Muskels auf ein Gelenk hängt dabei von dem entsprechenden Hebelarm ab. Die Bewegung wiederum hängt von der Ebene des Raumes, seiner Achse und seinen Dimensionen ab. Somit können sechs Hauptbewegungen (Beugung, Streckung, Anziehen, Abspreizen, Außen- und Innenrollung) ausgeführt werden, da drei Dimensionen im Raum und zwei Bewegungsachsen

zur Verfügung stehen. Hinzu kommen Kombinationsbewegungen der sechs Hauptbewegungen die wir mit Daumen, Armen und Beinen ausführen können.

Die Armmuskulatur bewegt hierbei Arm, Hand und Finger und ist unterteilt in eine Oberarm- und Unterarmmuskulatur. Die Schultermuskeln bewegen die Arme gegen den Rumpf und verankern den Schultergürtel am Brustkorb (ebd. S. 101 f., S. 59 f.).

Abb. 4-3 zeigt schematisch die Muskelstruktur und das Skelett der oberen Extremitäten. Dargestellt sind Knochen, Gelenke und Muskeln des oberen Bewegungsapparates, bestehend aus Hand, Handgelenk, Ober- und Unterarm sowie Schulter- und Armgelenk inkl. Schlüsselbein und Schulterblatt.

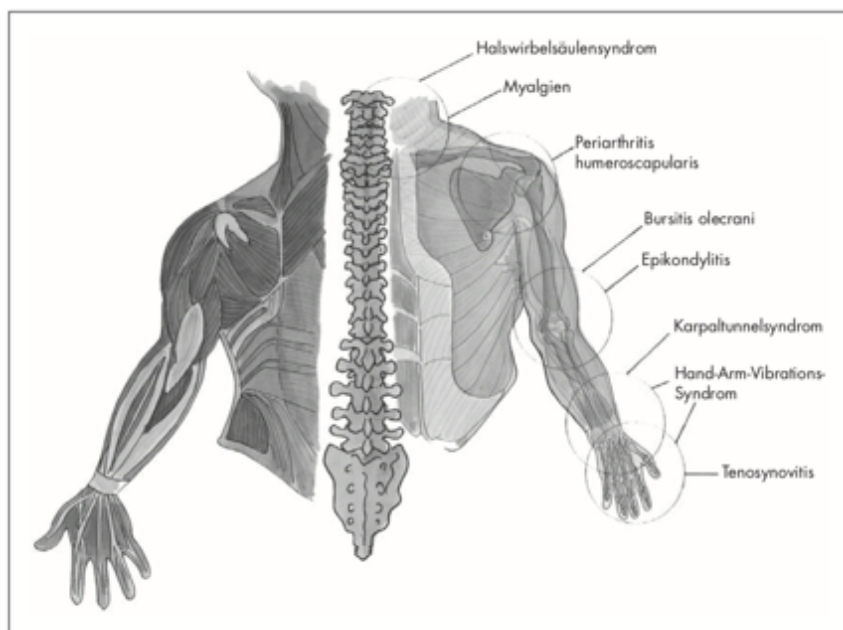


Abb. 4-3: Rücken- und bauchseitige Darstellung der oberen Extremitäten sowie ihrer möglichen Erkrankungen, IAG-Report 2 (2007, S. 16)

Mögliche physiologische Erkrankungen können alle Bestandteile des oberen Bewegungsapparates betreffen. Es kann zu Erkrankungen der Gelenke (z. B. Gelenkkapselentzündung), Muskeln (z. B. Muskelentzündungen), Sehnen und Sehnenscheiden sowie Nerven (Karpaltunnelsyndrom) und der Gefäße (Hand-Arm-Vibrations-Syndrom) kommen (IAG-Report 2, 2007, S. 14).

### **4.3 Eingesetzte Beurteilungsverfahren**

Es wurden insgesamt drei Beurteilungsverfahren verwendet, die nachfolgend erläutert werden.

#### **4.3.1 Grobscreening**

Die Anwendung von Grobscreening-Verfahren ermöglicht eine orientierende Erfassung und Bewertung in Bezug auf physische Belastungsfaktoren. Ein einfaches und praktikables Verfahren stellt die Beobachtung dar. Auf Basis einer Arbeitsplatzbegehung und einer visuellen Begutachtung der dort verrichteten Tätigkeiten erfolgt eine subjektive Beurteilung hinsichtlich der Körperhaltung des Angestellten.

Die Dokumentation der Ergebnisse erfolgt mithilfe einer vorgefertigten Checkliste. In dieser Arbeit wurde hierzu AWS<sup>light</sup>, ein Verfahren zum Erkennen ungünstiger Belastungen an Arbeitsplätzen, verwendet (s. auch Anlage I.4 - Blätter D1 bis D2). Ziel des AWS<sup>light</sup> ist es, eine erste Einschätzung der manuellen Tätigkeiten an Arbeitsplätzen in Montagebereichen zu ermöglichen, und ohne hohen Zeitaufwand einen Überblick über mögliche Belastungsschwerpunkte zu erhalten. Voraussetzung für die Anwendung sind mindestens ergonomische Grundkenntnisse (Kurzanleitung zur Version 2.1, 2010, S. 1).

Das Verfahren wurde im Rahmen des Kooperationsprogramm zu normativem Management von Belastungen und Risiken bei körperlicher Arbeit [KoBRA] entwickelt, durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales gefördert und fachlich vom BAuA begleitet.

#### **4.3.2 Screening-Verfahren zur Ermittlung von Körperhaltung/OWAS**

Zur detaillierten Beurteilung von Körperhaltungen stehen mehrere wissenschaftliche Verfahren zur Verfügung, die eine Bewertung entsprechender Belastungsmuster erlauben. Ein oft verwendetes arbeitswissenschaftliches Verfahren zur Bewertung von Körperhaltungen ist das OWAS. Mit ihm können die während einer Tätigkeit auftretenden Körperhaltungen erfasst und klassifiziert und

die daraus entstehenden Belastungen für das Muskel-Skelett-System bestimmt werden.

Schmauder und Spanner-Ulmer (2014) schreiben zum OWAS, dass die Ermittlung der Körperhaltungen durch einen Beobachter erfolgt, der die Art der Körperhaltung und deren zeitlichen Anteil festhält. Begutachtet werden die Haltung des Rückens, der Arme und der Beine sowie die zu handhabenden Lastgewichte. Aus der Kombination dieser verschiedenen Haltungen (Rücken, Arme und Beine) ergeben sich zunächst 84 mögliche Grundhaltungen, die sich unter Berücksichtigung der zu handhabenden Lasten auf 252 mögliche Haltungskombinationen erhöhen. Zur statistischen Auswertung der OWAS-Beobachtungen müssen die unterschiedlichen Körperhaltungen mithilfe eines Erhebungsbogens kodiert werden (S. 243).

Dazu empfiehlt sich i. d. R. ein System gleicher Intervalle, die etwa 60 Sekunden lang sind. Das bedeutet, dass alle 60 Sekunden die Körperhaltung der aktuell ausgeführten Tätigkeit erfasst wird. Aus der resultierenden Codierung wird die Häufigkeit von Haltungskombinationen sowie der zeitliche Anteil der jeweiligen Körperhaltung ermittelt. Das Ergebnis dieser Auswertung führt zur Ableitung von Maßnahmenklassen, auf deren Grundlage eine Prioritätenliste für die präventive Arbeitsplatzgestaltung erstellt wird.

Im Folgenden werden die betrachteten Körperbereiche und die Anzahl der möglichen Haltungen, die sie einnehmen können, aufgeführt:

- **Kopf:** Für den Kopf werden fünf verschiedene Stellungen angegeben.
- **Rücken:** Der Rücken kann vier verschiedene Haltungen einnehmen.
- **Obere Gliedmaßen (Hände, Unter- und Oberarme):** Für diesen Bereich sind drei Haltungen möglich.
- **Untere Gliedmaßen (Füße, Unter- und Oberschenkel):** Dieser Bereich wird durch sieben Grundhaltungen und drei Zusatzhaltungen beschrieben.

Durch die jeweilige Beobachtung und Aufzeichnung der Tätigkeit ist es möglich, den gesamten Herstellungsprozess in Teilabläufe zu gruppieren und diese in



einzelne Vorgangsstufen zu unterteilen. Diesen werden, auf Basis der entsprechenden Arbeitshaltung, Punkte zugeordnet.

In dieser Arbeit werden das OWAS-Basisverfahren und das punktuelle Verfahren mithilfe einer OWAS-Excel-Tabelle (2017) abgebildet. Die punktuelle Methode ist für die Analyse in ortsfesten oder nahezu ortsfesten Systemen, d. h. von statischen Tätigkeiten, wie z. B. dem Sitzen oder Stehen, geeignet. Die Basismethode hingegen bezieht sich auf den gesamten Körper und wird bei dynamischen Tätigkeiten verwendet.

In Abb. 4-4 ist die wesentliche Bewertungstabelle des OWAS abgebildet, um den jeweiligen *gesamtkörperlichen* Belastungsfaktor zu ermitteln. Zusätzlich zeigt Abb. 4-5 die prozentuale Verteilung der zugehörigen statischen oder dynamischen Arbeitshaltungen.

Tab. 4-3 gibt einen Überblick über die Belastungen durch die Körper- und Zwangshaltung, die bei der Montage des Centerwave 6000 im Wesentlichen auftreten und nachfolgend in Kapitel sechs beurteilt werden.

Tab. 4-3: Körper- und Zwangshaltungen, Skript C. Kamusella (2018, S.4 f.)

Belastungsfaktor	Belastungen
Körper- und Zwangshaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzwungene Körperhaltung bei der Montage wie z. B. Bücken, Hocken, Knien, ein Arm über Schulterhöhe, Rumpfbeugung- und -drehung, Fersensitz, Kopf- und Rückenhaltung</li> <li>• Statische Muskelarbeit durch vorwiegend statische Körperhaltung bei der Montage</li> <li>• Lage von Körper, Körperteil oder Gelenk (DIN EN 1005-1)</li> <li>• Körperhaltungen, die länger als 4 s eingehalten werden</li> <li>• Länger andauernde oder wechselnde erzwungene, ungünstige Winkelbereiche, bedingt durch Tätigkeit, Arbeitsmittel und Arbeitsplatzgestaltung</li> </ul>

In der in Abb. 4-4 vorgenommenen Bewertung ergibt sich die Maßnahmenklasse 3 (siehe Tab. 4-4), wenn für die verschiedenen vier Körperteile folgende ‚Codierung‘ der Haltungsklassifizierung identifiziert wird:

- **Körperteil:** Codierung: ‚Haltungsklassifizierung‘
- **Beine:** Ziffer 4: ‚Stehen auf beiden Beinen, Beine gebeugt‘
- **Rücken:** Ziffer 2: ‚Gebeugter Rücken‘
- **Arme:** Ziffer 2: ‚Ein Arm auf oder über Schulterhöhe‘

**Gesamtkörperhaltung**

		1	2	3	4	5	6	7	← Beine
1	1	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	
	2	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	
	3	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	
2	1	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Yellow	
	2	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Yellow	
	3	Orange	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Yellow	
3	1	Green	Green	Green	Orange	Red	Green	Green	
	2	Yellow	Green	Green	Red	Red	Orange	Green	
	3	Yellow	Green	Yellow	Red	Red	Red	Green	
4	1	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Yellow	
	2	Orange	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Yellow	
	3	Red	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Yellow	
1	1								
Rücken	Arme								

Abb. 4-4: Bewertungsskala OWAS, ebd.

Bei der prozentualen Gesamtverteilung der dynamischen und statischen Körperhaltungen wird zusätzlich die Haltung des Kopfes bewertet. Aus Abb. 4-5 wird ersichtlich, welche Auswirkungen die prozentuale Verteilung hinsichtlich der dynamischen oder statischen Körperhaltung hat. Mit 20 % Verteilung der Haltung des Kopfes (Ziffer 4) ‚nach hinten gebeugt‘ ergeben sich Unterschiede in der Identifizierung der Maßnahmenklasse. Maßnahmenklasse 2 wird für eine dynamische und statische Stellung (linke Tabellenseite aus Abb. 4-5) erreicht, Maßnahmenklasse 3 wird hingegen bei einer statische Haltungen (rechte Tabellenseite aus Abb. 4-5) erreicht.

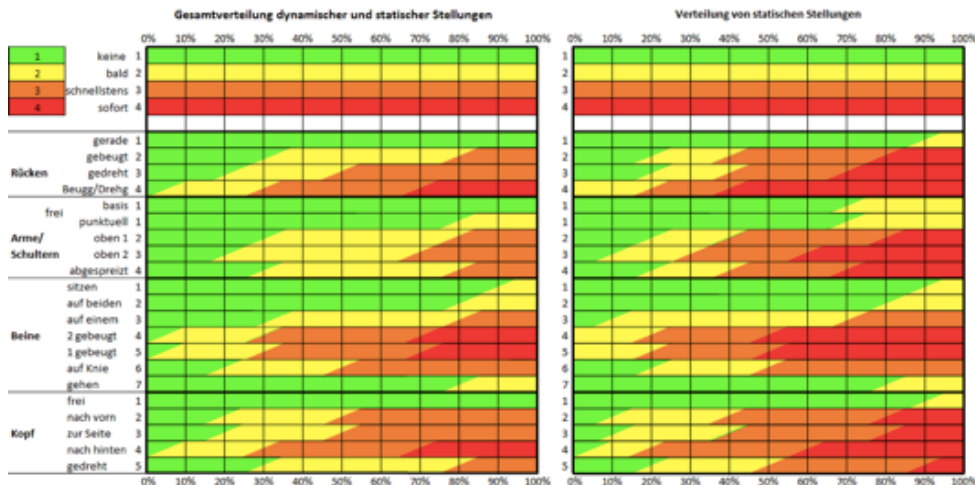


Abb. 4-5: Prozentuale Häufigkeit einzelner Arbeitshaltungen, ebd.

Den vier Belastungsgruppen werden vier verschiedene Maßnahmenklassen zugeordnet, die in Tab. 4-4 dargestellt sind.

Tab. 4-4: Maßnahmenklassen nach OWAS, ebd.

<b>Maßnahmenklasse 1</b>	Die Körperhaltung ist normal. Maßnahmen zur Arbeitsgestaltung sind nicht notwendig.
<b>Maßnahmenklasse 2</b>	Die Körperhaltung ist belastend. Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Arbeitshaltung führen, sind in der nächsten Zeit durchzuführen.
<b>Maßnahmenklasse 3</b>	Die Körperhaltung ist deutlich belastend. Maßnahmen, die zu einer besseren Arbeitshaltung führen, müssen so schnell wie möglich vorgenommen werden.
<b>Maßnahmenklasse 4</b>	Die Körperhaltung ist deutlich schwer belastend. Maßnahmen, die zu einer besseren Arbeitshaltung führen, müssen sofort ergriffen werden.

#### 4.3.3 Expertenverfahren zur ergonomischen Beurteilung von Belastungen bei manueller Arbeit/LMM-mA-EC

In der vorliegenden Arbeit wird ein von der BAuA entwickelter Erhebungsbogen der Leitmerkmalermethode für manuelle Arbeiten [LMM-mA] in der weiterentwickelten Version von 2012 verwendet. Dabei wurde auf die Papier- und Bleistiftmethode zurückgegriffen. Diese Erhebungsmethode für homogene Belastungen wird als gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnis angesehen

und stellt eine sog. untergesetzliche Handlungshilfe dar (siehe Kapitel 4.1 und Abb. 4-1). Sie ist methodisch ausreichend, um die §§ 2, 3, 5 und 6 ArbSchG umzusetzen und die Vermutungswirkung zu erreichen.

Die Konzeption des Erhebungsbogens als Formblatt eignet sich gut für eine praxistaugliche Erhebung der Daten vor Ort. Diese manuell ermittelten Daten wurden anschließend für das rechnergestützte und modifizierte Analyseverfahren LMM-mA-EC der TU-Dresden verwendet.

Basis des modifizierten Analyseverfahren der TU-Dresden ist die Weiterentwicklung der Leitmerkmalmethode durch die BAuA zu einem Expertenverfahren, der LMM-mA-E. Die LMM-mA-E ermöglicht die kombinierte Beurteilung mehrere Einzeltätigkeiten durch eine zeitgewichtete Mittelwertbildung. Zusätzlich erfolgt die Angabe der Haltedauer oder Häufigkeiten durch konkrete Wertzuordnungen und nicht durch die Wahl eines Wertebereichs. Die Weiterentwicklung erfolgte aufgrund der in der Praxis häufig auftauchenden Probleme der zu ungenauen Wertebereiche der Leitmerkmale sowie der kombinierten Beurteilung von mehreren Einzeltätigkeiten.

Repetitive Tätigkeiten im Sinne von Arbeiten mit wiederkehrenden, gleichartigen Hand-, Arm- und/oder Schulter-Bewegungen, die mindestens über eine Stunde ohne längere Pausen ausgeführt werden, sind nicht Gegenstand der Untersuchung. Die vorliegende Montagetätigkeit am Centerwave 6000 enthält keine Anteile an solchen Arbeitsschritten.

Auch wäre das Verfahren in Bezug auf Zielstellungen, Nutzer und den methodischen Zugang nicht geeignet. Für die Bewertung repetitiver Tätigkeiten sollten folgende Verfahren herangezogen und fallweise entsprechend den Anwendungsmöglichkeiten genutzt werden:

- Occupational Repetitive Actions – Risk Index/OCRA RI (BAuA – Forschung Projekt F 1994, 2007, S. 127),
- Silverstein-Kriterien (DGUV-Handlungsanleitung „Carpaltunnel-Syndrom“, 2016, S. 7),

- Kilbom-Richtwerte (DGUV-Handlungsanleitung „Carpaltunnel-Syndrom“, 2016, S. 7),
- Latko-Skala (DGUV-Handlungsanleitung „Carpaltunnel-Syndrom“, 2016, S. 8).

Die in dieser Arbeit verwendete LMM-mA-EC wurde an die Untersuchungsbereiche angepasst (Institutes für technische Logistik und Arbeitssysteme der TU-Dresden, 2018, Excel-Datei). Dies ermöglicht eine spezifische Aufbereitung der Daten, die sich aus den vorliegenden, heterogenen Belastungen ergeben.

In Tab. 4-5 sind die Belastungen durch manuelle Arbeit, die bei der Montage des Centerwave 6000 auftreten, in einer Übersicht dargestellt. Diese werden in Kapitel sechs beurteilt.

Tab. 4-5: Belastungen, BAuA manuelle Arbeit ohne Schaden, (2014, S. 9)

Belastungsfaktor	Belastungen
Orientierendes Verfahren bei Belastungen des Hand-Arm-Schulter-Systems	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzel- oder Kombinationsbelastung durch ungünstige Winkel zwischen den Gelenken bzw. Hand-Arm-Haltungen und den Krafteinwirkungen bei der Montage</li> <li>• Beanspruchung überwiegend kleinerer Muskelgruppen im Hand-Arm-Bereich, insb. des Unterarms, bei der Montage</li> <li>• Beteiligung der Oberarm-Schulter-Muskulatur bei ausgeprägter Ganzkörperbewegung</li> <li>• Erhöhte Anforderungen an feinmotorische Fertigkeiten</li> <li>• Einseitig-dynamische Muskularbeit und wiederholte statische Muskularbeit bei der Montage</li> <li>• Arbeitsausführung vorwiegend mithilfe des Finger-Hand-Arm-Systems</li> <li>• Anforderungen an Geschicklichkeit und Erkennen von Details</li> <li>• Bewertung gleichartiger Teiltätigkeiten</li> </ul>

Die in Tab. 4-5 genannten Belastungsaktionen kommen bei der Montagetätigkeit des Centerwave 6000 vor und werden von den meisten Beschäftigten ausgeführt. Die angegebenen Werte beschreiben Maximalkräfte, die kurzzeitig möglich sind. Für häufige und/oder lang dauernde Kraftaufwendungen sind diese auf ca. 10 % des Wertes zu reduzieren, um Ermüdung zu vermeiden.

Tab. 4-6: Orientierungswerte für Finger- und Handkräfte, ebd.

Belastungsfaktor/-aktion	Max. Kraftaufwendung
Fingerschluss	50 N
Faustschluss	180 N
Handschluss	70 N
Druckkraft mit Daumen	70 N
Druckkraft mit Zeigefinger	50 N
Zugkraft mit Faustschluss	170 N
Zugkraft mit Fingerschluss – Blech	70 N
Zugkraft mit Fingerschluss – Nadel	10 N

Tab. 4-7 ergänzt die o. g. vorkommenden Belastungsfaktoren und kurzzeitig möglichen Maximalkräfte um weitere fünf Faktoren, die einen generell limitierenden Einfluss auf die potentielle Kraftaufwendung haben.

Tab. 4-7: Faktoren bezüglich der max. Finger- und Handkräfte, ebd. S. 10

Faktor	Auswirkung
Dauer/Häufigkeit der Kraftausübung	Maximalkräfte sind nur sehr kurzzeitig möglich. Mit zunehmender Dauer bzw. Häufigkeit nehmen sie schnell ab.
Form der Kraftübertragung	Umfassungsgriffe durch die ganze Hand erlauben die Ausübung hoher Aktionskräfte. Fingerzufassungskräfte sind demgegenüber geringer, dafür aber genauer. Die Handgriffgestaltung sowie die Werkzeugart haben einen großen Einfluss. Durch zu kleine, ungeeignete, feuchte oder verschmutzte Griffe können die möglichen Aktionskräfte minimiert werden.
Richtung und Verlauf der Kraftübertragung	Maximale Kräfte sind möglich, wenn der Kraftfluss intern von Hand zu Hand oder Finger zu Finger erfolgt. Nach außen wirkende Kräfte sind im Sitzen geringer und setzen eine sichere Kraftübertragung zur Aufstandsfläche voraus.
Eingesetzte Muskeln	Fingerkräfte sind gering, da Fingerbeuger und -strecker aus kleinen Muskeln bestehen und schnell ermüden. Handkräfte werden durch größere Muskelgruppen erzeugt, die nicht nur mehr Kraft entwickeln, sondern auch langsamer ermüden.
Gelenkstellung	In der Mittelstellung der Gelenke sind die potentiell ausübaren Kräfte am größten. Am Ende des Bewegungsbereiches reduzieren sich diese Kräfte erheblich.

### Maßnahmenklasse der LMM-mA-EC

Analog zum OWAS-Verfahren gibt es auch in der Gesamtbewertung der LMM-mA-EC des Institutes für technische Logistik und Arbeitssysteme der TU Dresden entsprechende arbeitswissenschaftliche Maßnahmenklassen. Diese sind nachfolgend mit der entsprechenden Punkteskala in Tab. 4-8 aufgeführt.

Tab. 4-8: Maßnahmenklassen der LMM-mA-EC, Excel-Datei, 2017, Professur für Arbeitswissenschaft der TU Dresden

Risikobereich	Punktwert	Beschreibung
<b>1</b>	< 10	Geringe Belastung: Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
<b>2</b>	10 bis < 25	Mittlere Belastung: Eine körperliche Überbeanspruchung ist bei weniger belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
<b>3</b>	25 bis <50	Erhöhte Belastung: Körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind zu prüfen.
<b>4</b>	≥ 50	Hohe Belastung: Körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

### Charakterisierung des Erhebungsbogen

Um die Einstufung und somit die Beurteilung vornehmen zu können, wurden die Art der Kraftausübung, die Hand-Arm-Stellungen und die Körperhaltung sowie die Tätigkeitsdurchführung im Dezember 2018 getestet. Dazu wurde die manuelle Arbeit vor Ort bei der Montage selbst ausgeführt. Die Beurteilung erfolgte grundsätzlich nur für Teiltätigkeiten.

Die Erfassung der Art der Kraftausübungen erfolgte durch Abschätzung, direkte Beobachtung und ggf. Befragung des Beschäftigten. Die Erfassung der **Dauer und Häufigkeit** der einzelnen Arbeitstätigkeiten erfolgte durch eine Messung vor Ort, indem im Februar 2019 zweimal eine Vollerhebung durchgeführt wurde. Alle wesentlichen manuellen Tätigkeiten sind in der Wichtungstabelle für die linke und rechte Hand getrennt markiert. (Die Originale befinden sich in den gesperrten Anlagen II zu dieser Arbeit, Blätter D1-0.1 bis F16/17-3.12 II). Als Gesamtwichtung

wurde der höhere der beiden Werte verwendet. Dabei wird einerseits zeilenweise die Art der Kraftausübung, andererseits spaltenweise die Häufigkeit/Dauer berücksichtigt.

Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich		Halten mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute]				Bewegen mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]					
Höhe	Beschreibung, typische Beispiele	60-31	30-16	15-4	<4	<1	1-4	5-15	16-30	31-60	>60
		Wichtung									
gering	<b>Sehr geringe Kräfte</b> z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen	2	1	0,5	0	0	0,5	1	2	3	
	<b>Geringe Kräfte</b> z.B. Motenaführung / Einlegen	3	1,5	1	0	0	1	1,5	3	5	
	<b>Mittlere Kräfte</b> z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen	5	2	1	0	0,5	1	2	5	8	
	<b>Hohe Kräfte</b> z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindringen / Schneiden / Arbeiten mit kleinsten angetriebenen Handwerkzeugen	8	4	2	0,5	1	2	4	8	13	
	<b>Sehr hohe Kräfte</b> z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen	12	6	3	1	1	3	6	12	21	
hoch	<b>Spitzenkräfte</b> z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindringen	19	9	4	1	2	4	9	19	33	
	<b>Schlagen</b> mit Daumenballen, Handfläche oder Faust	-	-	-	1	1	3	6	12	21	
Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Berechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.		Wichtungen der Kraftausübung:				Linke Hand:		Rechte Hand:			
						6		5,5			

Abb. 4-6: Wichtungstabelle – Art der Kraftausübung(en)/BAuA nicht öffentliche Zählregeln LMM-MA-E, (2012, S. 2) und Skript Kamusella C. (2018, S. 45)

## Zählregeln

Die angewendeten Zählregeln richteten sich nach den Vorgaben der BAuA und sind nachfolgend aufgelistet:

- Bei fließenden Bewegungen wurde ein Bewegungszyklus als eine Bewegung gezählt,
- Schwingungsbewegungen gelten ebenfalls als fließende Bewegungen, daher wurde ein Bewegungszyklus als eine Bewegung gezählt,
- Bei abgrenzbaren Bewegungen wurde jede einzelne Bewegung gezählt,
- Das Merkmal ‚Halten‘ gilt ab einer Haltedauer von mindestens vier Sekunden, innerhalb derer keine Bewegungen durchgeführt werden,
- Das Merkmal ‚Bewegen‘ gilt bei ausschließlicher Bewegung,
- Das Merkmal ‚Bewegung‘ gilt bei Tätigkeiten, bei denen mit derselben Hand Bewegung und Halten gleichzeitig durchgeführt werden.



## Hand-/Armstellung und Bewegung

Die Wichtung erfolgt anhand der Merkmale, die in Abb. 4-7 dargestellt sind. Dabei müssen das Bewegungsausmaß und die Häufigkeit berücksichtigt werden. Bewegungen im mittleren Beweglichkeitsbereich und eine gelegentliche aktive Bewegung bis zum Maximum sind hierbei als unkritisch einzustufen. Die Häufigkeit, mit der Gelenke bewegt und bis an das Ende ihres Bewegungsbereiches geführt werden, kann hingegen ausschlaggebend für Beschwerden sein.





Hand-/Armstellung und -bewegung <sup>*)</sup>		Wichtung
	<b>Gut:</b> Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur selten Abweichungen	0
	<b>Eingeschränkt:</b> gelegentliche Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche	1
	<b>Ungünstig:</b> Häufige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche	2
	<b>Schlecht:</b> Ständige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / lang dauerndes statisches Halten der Arme ohne Hand-Arm-Abstützung	3
<small><sup>*)</sup> Es sind die typischen Stellungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.</small>		

Abb. 4-7: Wichtungstabelle – Hand- bzw. Armstellung, ebd.

## Körperhaltung

Es wird eine überschlägige Gesamteinschätzung vorgenommen. Für die Einstufung wird die typische, am längsten auftretende Körperhaltung zugrunde gelegt.





Körperhaltung <sup>**)</sup>		Wichtung
	<b>Gut:</b> Wechsel von Sitzen und Stehen möglich / Wechsel von Stehen und Gehen / dynamisches Sitzen ist möglich / Hand-Arm-Auflage bei Bedarf möglich / keine Verdrehung / Kopfhaltung variabel / kein Greifen über Schulterhöhe	0
	<b>Eingeschränkt:</b> Rumpf mit leichter Neigung des Körpers zum Handlungsbereich / überwiegend Sitzen mit gelegentlichem Stehen oder Gehen / gelegentliches Greifen über Schulterhöhe	1
	<b>Ungünstig:</b> Rumpf deutlich vorgeneigt und/oder verdreht / Kopfhaltung zur Detailerkennung vorgegeben / eingeschränkte Bewegungsfreiheit / ausschließlich Stehen ohne Gehen / häufiges Greifen über Schulterhöhe / häufiges körperfernes Greifen	3
	<b>Schlecht:</b> Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfneigung oder -verdrehung / häufiges Bücken / ständiges Greifen über Schulterhöhe / ständiges körperfernes Greifen	5
<small><sup>**) Es sind die typischen Körperhaltungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.</sup></small>		

Abb. 4-8: Wichtungstabelle – Körperhaltung, ebd.

#### 4.3.4 Stellschraubenkonzept

Daniel Gröllich, Martin Schmauder und Christiane Kamusella haben das in dieser Arbeit verwendete ‚Stellschraubenkonzept‘ (2016) auf der Herbstkonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft wie folgt erklärt: Belastungsmerkmale haben einen grundlegenden Bezug zu den dazu korrespondierenden Belastungssituationen. Durch eine Anpassung der Stellgrößen in der jeweiligen Situation kann die gezielte Veränderung eines einzelnen Merkmals oder der Gesamtsituation erreicht werden, wodurch es zu einem positiven Einfluss der Belastungssituation des Beschäftigten kommt.

Diese Einflußgrößen sind die ‚Stellschrauben‘, mit denen die Modifikation innerhalb der Belastungssituation erfolgt. Das ‚Drehen‘ an den Stellschrauben erfolgt innerhalb der zur Anwendung kommenden Verfahren und gibt Informationen zu den jeweiligen Schwerpunkten der Belastungssituation. Wie in allen arbeitsschutzrelevanten Verfahren ist auch hier eine Wirkungskontrolle notwendig, um zu überprüfen, ob die Anpassung die Belastung, ausgedrückt durch die Punktzahl, auf ein akzeptables Risiko reduzieren konnte. Im positiven Fall werden anschließend Ideen erarbeitet, wie das angestrebte Ergebnis umgesetzt werden kann (S. 11).

Falls notwendig, ist hier ein ‚agiler‘ Ansatz zu verfolgen, der das Arbeiten mit den Stellschrauben in passende Inkremente teilt und je nach Ergebnis in 1 + n Iterationen durchlaufen wird. Gleiches gilt ggf. für technische Lösungsansätze. Die Lösungskonzepte folgen dem substitutiven-technisch-organisatorisch-persönlichen [STOP] Prinzip, so wie es auch im ArbSchG unter § 4 gefordert ist. In den persönlichen Bereich gehende Lösungsmaßnahmen, wie z. B. persönliche Schutzausrüstung, werden nachrangig betrachtet. Dieses folgt nicht nur den gesetzlichen Vorgaben, sondern auch arbeitspsychologischen Erkenntnissen bzgl. der Komplexität und der zeitlichen Ressourcen, die mit einer erfolgreichen Umsetzung im Zusammenhang mit Menschen einhergehen. (Kamusella, 2018, S.28, Schmauder, 2014, S. 470 ff.)

Die nachfolgende Aufzählung sowie Abb. 4-9 veranschaulichen schematisch das Stellschraubenkonzept für Ergonomiebeurteilungen nach Gröllich und Kamusella:

- Identifikation von Belastungsmerkmalen nach ArbSchG und BetrSichV,
- Extraktion von relevanten Einflussgrößen,
- Variation von Belastungsparametern und Bestimmung des Potentials an positiver Veränderung,
- Abbau an Belastungspunkten durch nachhaltige Gestaltungskonzepte,
- Wirkungskontrolle nach ArbSchG.

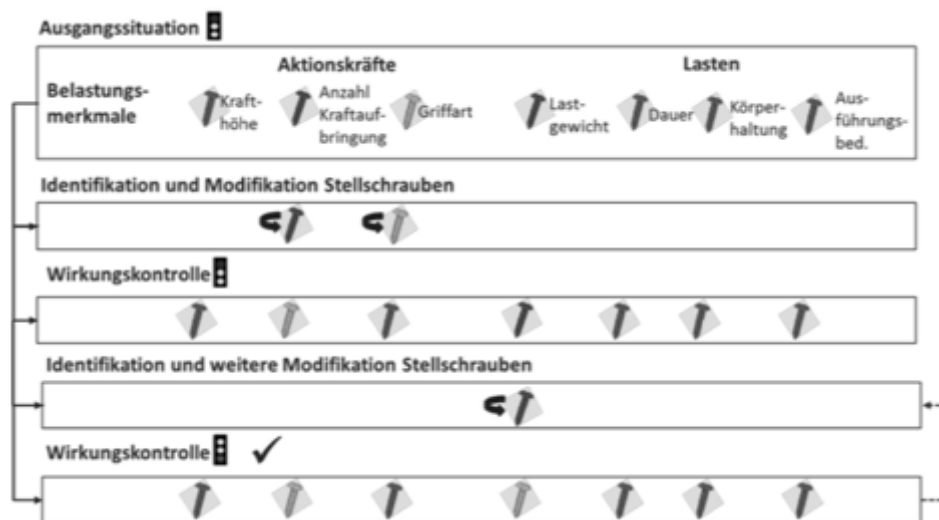


Abb. 4-9: Konzept zur Identifikation von Stellschrauben, Kamusella C. (2016, S. 12)

Dieser Arbeit liegen mehr als 100 000 einzelne Datensätze aus dem OWAS-Verfahren und der LMM-mA-EC zu Grunde. Diese Daten befinden sich als Erhebungsbögen der BAuA bzw. Excel-Tabellen in den gesperrten Anlagen zu dieser Arbeit (Anlage I.9 und Anlage II.1). Aus Gründen des Schutzes von Persönlichkeits-, Datenschutz- und Vertraulichkeitsrechten befinden sich im Hauptteil der vorliegenden Arbeit ausschließlich anonymisierte und aggregierte Auswertungen in Form von Zusammenfassungen, Fotos, Tabellenausschnitten und Screenshots.

## 5 Beschreibung der untersuchten Tätigkeiten

Aus den, in den Anlagen I (Anlage I.1, Blätter A1 bis A9) dieser Arbeit befindlichen, beigefügten originalen Stücklisten und Abb. 5-1 wird ersichtlich, mit wie vielen kleinteiligen Arbeitsgegenständen und Werkstücken z.T. gearbeitet werden muss. Insgesamt handelt es sich um 185 Materialpositionen mit insgesamt 1011 Einzelbauteilen. Diese stellen die Grundlage für die Einzelkomponenten des Centerwave 6000 dar. Dazu gehören z. B. die elektrotechnischen Komponenten CWP\_16 und BOC\_WDC, die vor Ort zusammengebaut werden, oder Materialien, die direkt in den Centerwave 6000 verbaut werden, wie z. B. Zurüst- und Kabelteile oder mechanische Einzelkomponenten.

Abb. 5-1: Beispielhafte Darstellung der Größe von Bauteilen des Centerwave 6000



In Tab. 5-1 sind die fünf wesentlichen Haltungspositionen aufgeführt, die eingenommen werden, um die in den Stücklisten aufgeführten Bauteile und Werkstücke zusammenzufügen. In Anhang 3 sind exemplarische Fotos dargestellt, die die Haltungspositionen bei der Montagetätigkeit zeigen.

Tab. 5-1: Die wesentlichen Haltungspositionen bei der Montage

<b>Sitzen</b>	<p>Bei der Montage des Centerwave 6000 kommt es zu längeren Sitzphasen mit ungünstigen Sitzhaltungen. Hierbei dominiert eine starke Vor- und Seitenneigung mit z. T. statischer Haltungsarbeit.</p> <p>Alternativ kommt es beim statischen Sitzen in fehlerhafter Sitzposition zu Fehlbelastungen des Bandapparates und der Streckmuskulatur des Rückens.</p>
<b>Stehen</b>	<p>An den Arbeitsplätzen der Angestellten, die am Centerwave 6000 arbeiten, wird die Sitztätigkeit durch länger andauernde Stehphasen zur Montage oder Fehleridentifikation unterbrochen. Das Stehen erfolgt immer in Kombination mit einer Rumpfbeuge, verdrehtem Oberkörper oder geht in Knien oder Hocken über.</p> <p>Die beobachteten Probleme liegen hier in der Belastung der Wirbelsäule, der Knie und der Füße durch Druckbelastung.</p>
<b>Rumpfbeuge</b>	Die Arbeiten im Stehen werden kurzzeitig durch ausgeprägte Rumpfbeugung mit Belastungen der Lendenwirbelsäule, Hüftgelenke sowie der Sehnen und Sehnenansätze unterbrochen.
<b>Verdrehter Oberkörper</b>	Belastung der Lendenwirbelsäule durch wiederkehrende Zyklen, in denen der Oberkörper statisch verdreht wird.
<b>Knien/Hocken</b>	Es kommt immer wieder zu längeren Phasen des Knien und Hockens, bedingt durch zu niedrige Arbeitshöhen und beengte Platzverhältnisse.

Abb. 5-2 gibt die Arbeitsplatzsituation im Dezember 2018 und Februar bzw. März 2019 wieder. Der rote Kreis beschreibt den Arbeitsplatzdurchmesser, der 3,5 Meter beträgt. Auf einer Fläche von 9,6 m<sup>2</sup> bewegt sich der Mitarbeiter um das Montagegestell des Centerwave 6000 herum oder sitzt an seinem Schreib- und Arbeitstisch. Die Wege zu den Lager- und Stellflächen sind verhältnismäßig kurz, sie betragen zwischen 5,5 und 8 Metern Luftlinie. Der Arbeitsplatz befindet sich mitten in einer ca. 1000 m<sup>2</sup> großen Industriehalle.

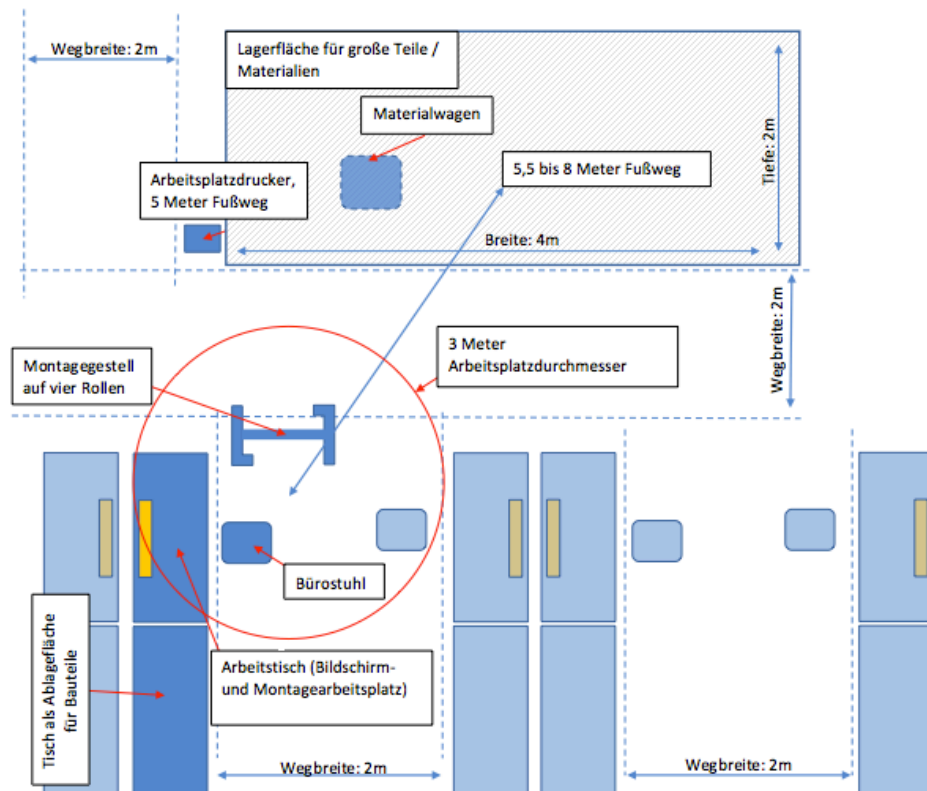


Abb. 5-2: Skizze des Arbeitsplatzes, Stand Dezember 2018/Februar 2019

## 5.1 Beschreibung des Montageablaufes

Der Mitarbeiter in der Montage ist Männlich, > 1,80 Meter, Normalgewichtig und gehört der Generation 50 + an. Es besteht eine Ärztlich diagnostizierte gesundheitliche Vorbelastung (vermindert belastbare Person). Gearbeitet wird in einem Einschichtsystem mit einer 40 Stunden Woche, zu je 8 Stunden.

Die Darstellung aller Tätigkeitsschritte ist Anhang 1 dieser Arbeit zu entnehmen.

### 5.1.1 Teilvorgänge der Montage

Als Übersicht dient Tab. 5-2, die mitarbeiterbezogen die Haupt- und Teilvorgängen einer Acht-Stunden-Tagesschicht umfasst. Sitzende und stehende manuelle Tätigkeit im Bereich Mechanik und Feinmechanik mit Anteilen von optisch-visuellen Prüfaufgaben zur Kontrolle oder Fehleridentifikation.

Tab. 5-2: Teil- und Hauptvorgänge der ersten Acht-Stunden-Schicht, A bis D

<b>Mitarbeiter 1 – 8-Stunden-Schicht</b>	
	<b>Hauptvorgang A - Fertigung Bauteilkomponente BOC-WDC</b>
<b>Teilvorgänge</b>	
0.1	Zusammenbau BOC WDC – DC/DC Converter 48V – 12V / 1 A
0.2	Zusammenbau BOC WDC – Grundelemente
0.3	Zusammenbau BOC WDC – Verkabelung
0.4	Zusammenbau BOC WDC – Platine I
0.5	Zusammenbau BOC WDC – Löten
0.6	Zusammenbau BOC WDC – LED Anzeigelampe Grün
0.7	Zusammenbau BOC WDC – Elektrokammern
0.8	Zusammenbau BOC WDC – Platine/Lastwiderstand
	<b>Hauptvorgang B - Fertigung Bauteilkomponente CWP-16</b>
<b>Teilvorgänge</b>	
0.21	CWP-16-Box – Elektronik – 11550E
0.22	CWP-16-Box – Kühlkörper
0.23	CWP-16-Box – Platine
0.24	CWP-16-Box – Stecker
	<b>Hauptvorgang C - Montage Großkomponente Rotationsring</b>
<b>Teilvorgänge</b>	
1.1	Rotationsring – (4x – Leitersegmente)
1.2	Rotationsring – (4x4 – Messing Segmente)
1.3	Rotationsring – Montage Zahnkranz/Ring + Vermessen Leitersegmente (4x)
1.4	Zahnkranz – Reinigen
1.5	Rotationsring – Montage Ring + Schrauben fest drehen
1.6	Rotationsring – Montage Ring + große Schrauben fest drehen - solo Bewertung
1.7	Rotationsring – Detektor
1.8	Detektorring – Silikon und Teflon aufbringen
1.9	Detektorring – Trichter
1.10	Detektorring – Dichtung für Trichter
1.11	Detektorring – Zusammenbau Messfühler und Trichter
1.12	Detektorring – Verkabelung – CWP-16
1.13	Detektorring – Verkabelung – BOC-WDC
1.14	Detektorring – Verkabelung – Rotations-Sensor
	<b>Hauptvorgang D – Montage Großkomponente Ringplatte</b>
<b>Teilvorgänge</b>	
2.1	Ringplatte – Lagermontage oben – (2x)
2.2	Ringplatte – Lagermontage unten – (2x)
2.3	Ringplatte – Stifte + Querverstrebung – schleifen
2.4	Ringplatte – Gewinde schneiden
2.5	Ringplatte – Motor anbringen
2.6	Ringplatte – Hartung Stecker

Mitarbeiter 1 – 8-Stunden-Schicht	
2.7	Ringplatte – Kabel verlegen und Löten
2.8	Ringplatte – Kabelarretierung
2.9	Ringplatte – Kabelstecker
2.10	Ringplatte – Signallampe
2.11	Ringplatte – Kohlestifte – Bohren, Tackern
2.12	Ringplatte – Lüfter
2.14	Motor Vormontage – Ringplatte 1
2.15	Motor Vormontage – Ringplatte 2
2.16	Ringplatte/Elektrokabel an Stecker
2.17	Ringplatte/Gummiring – Gehäusedichtung

### 5.1.2 Beschreibung des Centerwave 6000

Abb. 5-3 zeigt ein Foto der zusammengefügt Bauteile aus den Teilvorgängen A bis D, bestehend aus BOC-WDC-Element, CWP-16-Box, Rotationsring und Ringplatte, nach der sog. ‚Hochzeit‘. Im Hauptvorgang 1 werden in einer Acht-Stunden-Schicht die beiden Einzelkomponenten sowie der innere Rotationsring ‚(sog. Rotor)‘ und die Ringplatte ‚(sog. Stator)‘ mit ihren vier Lagerelementen gefertigt.

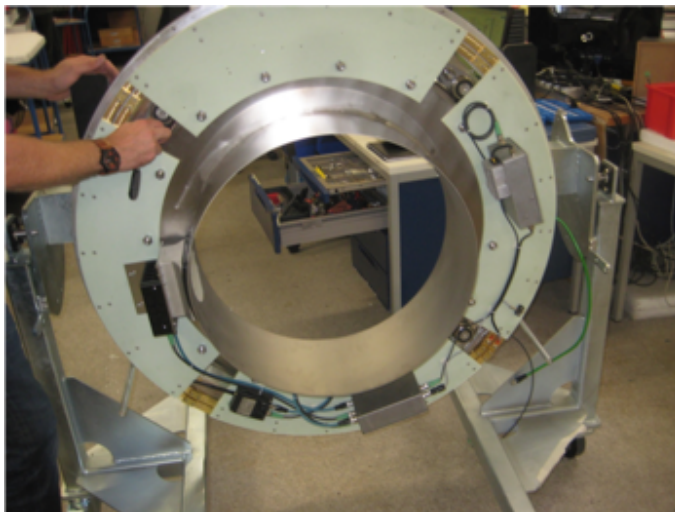


Abb. 5-3: Zusammengefügte Bauteile der in Tabelle 6 beschriebenen Teilvorgänge

Im Anhang 3 befinden sich weitere, detaillierte Fotos, die die Tätigkeit, die Teilvorgänge und den Centerwave 6000 an sich zeigen bzw. charakterisieren. In Abb. 5-3 ist das Arbeitsergebnis zu sehen, das aus Teilvorgang E hervorgeht. In



den Teilvorgängen A bis D sind alle Teilkomponenten kombiniert worden, sodass zwei Großkomponenten am Ende der ersten Acht-Stunden-Schicht vorliegen. Zu Beginn der zweiten Schicht werden diese zusammengefügt. Das Ergebnis ist eine durch vier Lager geführte Ringplatte, die den Mess-Sensor im fertigen Centerwave 6000 kontinuierlich um 360 Grad um das Messobjekt herumführt.

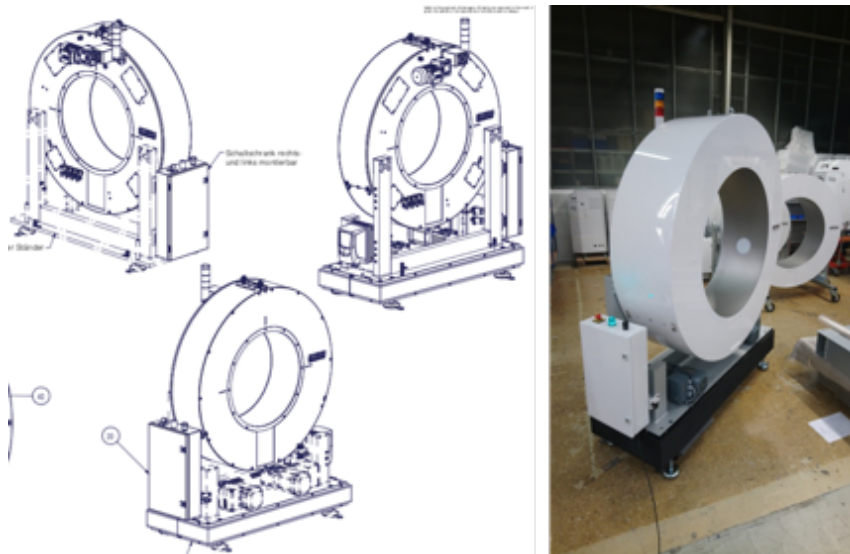


Abb. 5-4: Technische Zeichnung und Foto vom Centerwave 6000

Abb. 5-4 zeigt einen Ausschnitt aus einer technischen Übersichtzeichnung (Anlage I.2, Blatt B1) des Centerwave 6000 sowie ein Foto von dem fertigen Produkt. Im Gegensatz zu Abb. 5-3 sind hier alle fehlenden Verkleidungs- und Zurüstkomponenten sowie alle kabelführenden Teile vorhanden, die in der zweiten Schicht in Teilvorgang F montiert werden.

Das Gestell, in das der fertige Centerwave 6000 montiert wird, ist nicht Teil der durch den Mitarbeiter vorzunehmenden Montagetätigkeit. Es wird im Werk vormontiert und in Teilvorgang F als fertige Einheit zur Verfügung gestellt. Der Mitarbeiter kontrolliert im letzten Schritt das elektrotechnisch korrekte Verhalten und führt eine optische qualitätssichernde Kontrolle auf kleine mechanische Beschädigungen, wie z. B. Kratzer, durch.

Tab. 5-3: Wesentliche Abmessungen zu den Abb. 5-3 und 5-4

Bauteilhöhe gesamt	1,8 Meter
Bauteilhöhe bis zur symmetrischen Mitte	1,1 Meter
Ringdurchmesser, außen	1,4 Meter
Ringdurchmesser, innen	0,6 Meter
Höhe bis zu den unteren Lagern	0,630 Meter
Höhe bis zu den oberen Lagern	1,46 Meter

## 6 Beurteilung der Tätigkeiten

### 6.1 Ergebnisse des Grobscreenings

Zur Anwendung kam das Formblatt in der Version 1.20 aus dem Jahr 2019 der technischen Universität Darmstadt und dem Institut für Arbeitswissenschaften. Die originalen Formblätter befinden sich in Anlage II (Anlage I.4 Blätter D1 bis D2) dieser Arbeit.

Die in Tab. 6-1 aufgeführten Schritte wurden im Vier-Augen-Prinzip für die sechs Hauptvorgänge aus Tab. 5-2 durchgeführt und pro Acht-Stunden-Schicht bewertet.

Tab. 6-1: Durchgeführte Erfassungsschritte

<b>Schritt I</b>	Einstufung des am Arbeitsplatz vorhandenen Gewichts- und/oder Kraftniveaus > 3 kg (sog. <b>Arbeitsschwere</b> )
<b>Schritt II</b>	Einstufung der Haltungs- und Bewegungsformen (sog. <b>Arbeitsform</b> )
<b>Schritt III</b>	Einstufung von zusätzlichen körperlichen Beeinträchtigungen (sog. <b>Arbeitsbedingungen</b> )
<b>Schritt IV</b>	Interpretation der Einstufung und Beschreibung des weiteren Vorgehens (Bewertung)

Die Ergebnisse aus diesen Beurteilungen ergaben erste Anhaltspunkte zur Gestaltungsqualität des begutachteten Arbeitsplatzes. Erhoben wurden diese Daten (Anlage I.5, Blätter E1 bis E6) durch eine ausführliche Voranalyse im

Dezember 2018, mit deren Hilfe die Prozessebene und Grundlageninformationen bzgl. Gesamt- und Teilablauf, sowie Haupt- Teil- und Nebentätigkeiten beschrieben wurden. Während dieser Phase wurden auch alle Arbeitsschritte und -vorgänge vom Autor durchgeführt, sodass innerhalb dieser Zeit ein vollständiger Centerwave 6000 ‚eigenhändig‘ und in Zusammenarbeit mit dem zuständigen Facharbeiter montiert wurde.

Tab. 6-2: Ergebnisse des Grobscreenings nach AWSLight

<b>Belastungsfaktoren</b>	<b>Zeitanteil/Dauer</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Lastenkräfte</b> , ab 3 kg	selten bis gelegentlich	<b>Fehlbelastung unwahrscheinlich, Detailanalyse oder Maßnahme nicht erforderlich</b>
<b>Beine</b> (untere Extremitäten)  Knien und erzwungenes bewegungsarmes Stehen und Sitzen	<b>Zeitweise bis überwiegend</b>	<b>Fehlbelastung möglich, Detailanalysen oder konkrete Maßnahmen angezeigt</b>
<b>Rücken</b> (Wirbelsäule)  Bücken, Verdrehen und seitliche Neigung des Rumpfes	<b>überwiegend</b>	<b>Fehlbelastung möglich bis wahrscheinlich, Detailanalysen oder konkrete Maßnahmen angezeigt bis erforderlich</b>
<b>Schulter/Oberarm</b> (obere Extremitäten)  Anheben des Oberarmes im Schultergelenk (> 60° bis < 90°)	zeitweise	<b>Fehlbelastung unwahrscheinlich bis möglich, Detailanalyse oder konkrete Maßnahmen nicht erforderlich bis angezeigt</b>
<b>Unterarm/Hand/Finger</b> (obere Extremitäten)  Bewegungen in ihrer Häufigkeit (10–20, 20–25 und 25–30 Aktionen pro Minute)	<b>häufig bis ständig</b>	<b>Fehlbelastung wahrscheinlich, Detailanalyse oder konkrete Maßnahmen erforderlich</b>

Fehlbelastungen, die sofortige konkrete Maßnahmen erforderlich machen, konnten anhand des Grobscreenings nicht ermittelt werden. Basierend auf den Ergebnissen wird das Belastungskriterium der **Arbeitsform** (Beine / Rücken / Unterarm-Hand-Finger-System) aus Schritt II des Erfassungsprozesses, beschrieben in Tab. 6-1, als ausschlaggebend bestimmt. Dieses wird im Hauptteil der Arbeit genauer untersucht.

## 6.2 Ergebnisse des Körperhaltungs-Screenings/OWAS

Bei der Durchführung des OWAS-Screenings, also der Identifikation der Gesundheitsrisiken basierend auf den vorhandenen Ausführungsbedingungen in Bezug auf Körperzwangshaltungen, wurden die Teilvorgänge bzgl. ihres Zeitanteils gemessen. Anschließend erfolgte eine Zuordnung pro Körperhaltung zu den Bereichen Rücken, Arme, Beine oder Kopf der jeweilige Haltungsklassifizierung. Es wurde jeweils bestimmt, ob es sich um eine dynamische oder statische Körperteilhaltung handelt.

In der ersten OWAS-Auswertung erfolgte die Zeiterfassung pro Teilvorgang sekundengenau, das Erfassungsintervall für die Codierung der Körperhaltung betrug 60 Sekunden (Anlage I.7, Blätter G1 bis G23).

In der zweiten OWAS-Auswertung wurden die Zeiten sekundengenau pro Teilvorgang erfasst, in Minuten umgerechnet und in Relation zur Tagesschichtlänge von acht Stunden gesetzt. Aus Gründen des Daten- und Persönlichkeitsschutzes befinden sich die vom Verfasser gesperrten Originale in Anlage I.

Zur Sicherung der Daten wurden insgesamt zwei Produktionszyklen in Form einer Vollerhebung aufgezeichnet und ausgewertet (Stand: Februar 2019). Die Mess- und Erhebungsdaten wurden untereinander abgeglichen. Es zeigte sich eine gute Vergleichbarkeit der einzelnen Teilvorgänge untereinander in Bezug auf Zeitanteil, Dauer pro Schicht und Häufigkeit der eingenommenen Körperteilhaltungen. Daher ist davon auszugehen, dass der betroffene Mitarbeiter bei der Ausübung seiner Tätigkeit kontinuierlich und dauerhaft in dieser Form arbeitet.

Nachfolgend sind in Tab. 6-3 die Ergebnisse bezüglich der Hauptvorgänge aufgeführt. Zum einen ist die Gesamtdauer über alle Teilvorgänge pro Schicht, zum anderen der prozentuale Anteil der Teilvorgänge an der jeweiligen Acht-Stunden-Schicht (08:00 Uhr bis 16:30 Uhr mit einer Pause von 30 Minuten) dargestellt.

Tab. 6-3: Tätigkeitszeiten der Hauptvorgänge ohne Zeiten der Vor- oder Nachbereitung

Hauptvorgang	1. Vollerhebung Februar 2019			2. Vollerhebung Februar 2019		
	Sekunden	Minuten	Anteil in %	Sekunden	Minuten	Anteil in %
A	5 985	99,8	31,1	6 925	115,4	32,3
B	7 910	131,8	41,2	9 074	151	42,4
C	1 620	27	8,4	1 700	28,3	7,9
D	3 720	62	19,3	3 716	61,9	17,4
E	7 405	123,4	86,1	6 375	106,3	86,2
F	1 200	20	13,9	1 020	17	13,8
Summe	<b>27 840</b>	<b>464</b>	<b>200 %</b>	<b>28 810</b>	<b>479,9</b>	<b>200%</b>

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Analyseergebnisse der Hauptvorgänge anhand des obigen Schemas beschrieben. Zum einen in ihrer Gesamtdauer über alle Teilvorgänge pro Schicht, zum anderen in ihrem prozentualen Anteil der Teilvorgänge pro Acht-Stunden-Schicht (08:00 Uhr bis 16:30 Uhr mit einer Pause von 30 Minuten).

Die vollständige Liste aller Haupt- und Teilvorgänge befindet sich in Anhang 1 dieser Arbeit. Die detaillierten Excel-Ergebnisdarstellungen und -Auswertungen können den Anlagen I entnommen werden (Anlage I.7 und I.8).

### 6.2.1 Hauptvorgänge A bis D

In den Hauptvorgängen A bis D werden die beiden elektrischen Bauteile (A und B) sowie die beiden Großkomponenten, bestehend aus Rotationsring (C) und Ringplatte (D), gefertigt. Tab. 6-4 gibt eine Übersicht bezüglich der auftretenden Belastungen.

Tab. 6-4: Übersicht zu den in Hauptvorgang A bis D auftretenden Belastungen

<b>Statisch (77,24 %)</b>			
Kopf	3,83 % unbelastet	<b>78,72 % belastet</b>	
Rücken	<b>41 % unbelastet</b>	2,23 % belastet	<b>30,64 % deutlich belastet</b>
Arme	<b>34,04 % unbelastet</b>		
Beine	<b>84,26 % unbelastet</b>	2,13 % belastet	
<b>Dynamisch (22,76 %)</b>			
Kopf	6,81 % unbelastet	<b>10,64 % belastet</b>	
Rücken	14,46 % unbelastet	<b>11,49 % belastet</b>	
Arme	<b>34,04 % unbelastet</b>		
Beine	<b>12,34 % unbelastet</b>	1,28 % belastet	
<b>Gesamtkörperhaltung (100 %)</b>			
	<b>69,70 % unbelastet</b>	<b>28,94 % belastet</b>	1,28 % schwer belastet

**OWAS-Ergebnis 1-1:** Bei der Fertigung des BOC-WDC-Elements und der CWP-16-Box wird fast ausschließlich im Sitzen, das einen hohen statischen Anteil aufweist, gearbeitet. Die Fertigung des Rotationsrings und der Ringplatte führt dazu, dass die dynamischen Anteile der Körperhaltung zunehmen. Diese werden wiederum dadurch eingeschränkt, dass der Mitarbeiter längere Zeit benötigt, um wieder in einer stehenden statischen Haltung am Objekt zu arbeiten und Tätigkeiten durchzuführen.

Aus den 36 betrachteten Teilvorgängen ergeben sich 235 Datensätze mit weiteren einzelnen Datensätzen für die vier Körperhaltungen im Bereich Kopf, Rücken, Arme und Beine sowie die hierzu gehörenden vier Datensätze für Statik oder Dynamik. Des Weiteren beziehen sich zusätzlich 235 Datensätze auf die Gesamtkörperhaltung. Insgesamt stehen somit 2 115 Datensätze pro Arbeitstag für die untersuchten Teilvorgänge zur Verfügung.

In der ersten Tagesschicht ergeben sich der Kopfbereich und der Rücken als Belastungsschwerpunkte, wobei die statischen Belastungen überwiegen. Die Gesamtkörperhaltung wird mit 29 % in den ‚gelben‘ Bereich eingestuft, mit folgender Bewertung: ‚Körperhaltung belastend und Maßnahmen, die zu besserer Arbeitshaltung führen, sind in nächster Zeit durchzuführen‘.

Der überwiegende Teil der Gesamtkörperhaltung (ca. 70 %) ist unbelastet. 29 % werden als belastet klassifiziert und geeignete Maßnahmen zur Belastungsreduzierung sollten bald umgesetzt werden. Arme und Beine sind hierbei keiner belastenden Haltung ausgesetzt, wohingegen die Kopfhaltung durchweg als belastend und der Rückenbereich als deutlich belastet eingestuft wird.

### 6.2.2 Hauptvorgänge E bis F

Im Hauptvorgang E werden die beiden Großkomponenten, bestehend aus dem Rotationsring und der Ringplatte, zusammengefügt. Nach vollzogener ‚Hochzeit‘ wird der Centerwave 6000 anschließend im Hauptvorgang F fertiggestellt. Die Details hierzu befinden sich im Anhang I (Anhang I.7, Blätter G1 bis G23) dieser Arbeit. Tab. 6-5 gibt hierzu eine Übersicht.

Tab. 6-5: Übersichtsinformation zu den Belastungen aus Hauptvorgang E bis F

<b>Statisch (83,16 %)</b>			
Kopf	6,95 % unbelastet	<b>28,47 % belastet</b>	<b>50 % deutlich belastet</b>
Rücken	<b>32,64 % unbelastet</b>	<b>52,77 % belastet</b>	
Arme	<b>76,38 % unbelastet</b>		
Beine	<b>85,41 % unbelastet</b>	25,69 % belastet	
<b>Dynamisch (16,84 %)</b>			
Kopf		<b>14,58 % belastet</b>	
Rücken		<b>14,58 % belastet</b>	
Arme	<b>23,61 % unbelastet</b>		
Beine	<b>12,34 % unbelastet</b>	1,28 % belastet	
<b>Gesamtkörperhaltung (100 %)</b>			
	<b>29,17 % unbelastet</b>	<b>46,53 % belastet + 3,47 % deutlich belastet</b>	<b>20,83 % schwer belastet</b>

**OWAS-Ergebnis 1-2:** In der zweiten Tagesschicht ergibt sich im Vergleich zur ersten Schicht eine höhere Belastung: 71 % der Gesamtkörperhaltung werden als belastend, 20 % der 71 % werden als schwer belastend eingestuft. Der Anteil statischer Körperhaltungen liegt bei 83 %, was einem Anstieg von ca. 6 %

gegenüber der ersten Schicht entspricht. Das Belastungsbild bestätigt sich ebenfalls, Kopf und Rücken werden am häufigsten belastet.

Der überwiegende Teil (ca. 70 %) der Gesamtkörperhaltung wird als belastend klassifiziert. Davon führt ein Anteil von ca. 20 % zu einer schweren Belastung. 29 % des Körpers werden als unbelastet kategorisiert. Es sollten sehr schnell bis sofort Maßnahmen ergriffen werden, um eine Belastungsreduzierung zu erreichen. Sowohl Kopf als auch Rücken sind einer besonderen Belastung ausgesetzt. Arme und Beine sind keiner belastenden Haltung ausgesetzt, wohingegen die Kopfhaltung durchweg als belastend und der Rückenbereich als deutlich belastet einzustufen ist.

### 6.2.3 Hauptvorgänge A bis D/Prozentuale Verteilung

Hier wiederholt sich das unter 6.2.1. beschriebene Verfahren, allerdings mit der Änderung, dass in dieser zweiten OWAS-Auswertung eine prozentuale Aufteilung der Einzelschritte pro Schicht vorgenommen wird (Anlage I.8, Blätter H1 bis H8). Tab. 6-6 gibt hierzu eine Übersicht.

Tab. 6-6: Übersichtsinformation zu den Belastungen aus Hauptvorgang A bis D/Prozentualer Anteil

<b>Statisch (76,65 %)</b>			
<b>Kopf</b>	2,8 % unbelastet	<b>32,9 % belastet</b>	<b>51,7 % deutlich belastet</b>
<b>Rücken</b>	<b>38,5 % unbelastet</b>	2,23 % belastet	<b>41,5 % deutlich belastet</b>
Arme	<b>34,04 % unbelastet</b>		
Beine	<b>84,26 % unbelastet</b>	2,13 % belastet	
<b>Dynamisch (23,35 %)</b>			
<b>Kopf</b>	6,81 % unbelastet	<b>10,64 % belastet</b>	
<b>Rücken</b>	<b>14,46 % unbelastet</b>	<b>11,49 % belastet</b>	
Arme	<b>47,6 % unbelastet</b>		
Beine	<b>88,6 % unbelastet</b>	1,6 % belastet	
<b>Gesamtkörperhaltung (100 %)</b>			
	<b>70 % unbelastet</b>	<b>29,1 % belastet</b>	0,9 % schwer belastet

**OWAS-Ergebnis 2-1:** Bei dieser Form der Bewertung werden wesentlich weniger Datensätze miteinbezogen und es werden die Verteilung der Körperhaltung als prozentualer Anteil an der Ausführungslänge bzw. die Zeitdauer der Teilaufgaben



relativ zur Gesamtzeit betrachtet. Trotz der Änderungen ergeben sich die gleichen Ergebnisse. Die statische Belastung steht im Vordergrund. Es kommt ebenfalls zu belastenden Körperhaltungen im Bereich des Kopfes und des Rückens.

Bei der Gesamtkörperhaltung ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Tagesschicht eins und Tagesschicht zwei: Die zweite Schicht weist einen Anteil von 20 % an schweren Belastungen auf und etwas mehr als 70% der Körperhaltung werden als belastend eingestuft. In der ersten Schicht hingegen werden 70 % als unbelastet bewertet und mit einem Anteil von 29 % ist der belastete Anteil dieser gering.

#### 6.2.4 Hauptvorgänge E bis F/Prozentuale Verteilung

Hier wiederholt sich das Verfahren, das in Kapitel 6.2.2. beschrieben wurde, allerdings mit der Einschränkung, dass in dieser zweiten OWAS-Auswertung eine prozentuale Aufteilung der Einzelschritte pro Schicht vorgenommen wird (Anlage I.8, Blätter H1 bis H8). Tab. 6-7 gibt hierzu eine Übersicht.

Tab. 6-7: Übersichtsinformation zu den Belastungen aus Hauptvorgang E bis F /Prozentualer Anteil

<b>Statisch (83,8 %)</b>			
<b>Kopf</b>	6,5 % unbelastet	<b>37,5 % belastet</b>	<b>52,1 % deutlich belastet</b>
<b>Rücken</b>	<b>32,5 % unbelastet</b>	<b>53,5 % belastet</b>	
Arme	<b>76,9 % unbelastet</b>		
Beine	<b>76,6 % unbelastet</b>	9,4 % belastet	
<b>Dynamisch (16,2 %)</b>			
<b>Kopf</b>		<b>13,9 % belastet</b>	
<b>Rücken</b>		<b>13,9 % belastet</b>	
Arme	<b>23 % unbelastet</b>		
Beine	<b>13,9 % unbelastet</b>		
<b>Gesamtkörperhaltung (100 %)</b>			
	<b>28,4 % unbelastet</b>	<b>48,1 % belastet</b>	<b>20,5 % schwer belastet</b>

**OWAS-Ergebnis 2-2:** In der zweiten Tagesschicht sind 68,6 % der Gesamtkörperhaltung als belastend einzustufen, wovon ca. 20 % als schwer

belastend gelten. Dies bestätigt die Ergebnisse bezüglich der zweiten Tagesschicht aus Kapitel 6.2.2.

Der Anteil der statischen Körperhaltung liegt bei 83 % und legte damit gegenüber der ersten Tagesschicht um ca. 6 % zu. Das Belastungsbild der vorherigen Schicht bestätigt sich, Kopf und Rücken werden am stärksten belastet.

Der überwiegende Teil des Körpers (ca. 70 %) ist belastet, wobei ein Anteil von 20 % einer schweren Belastung ausgesetzt ist und 29 % als unbelastet eingestuft werden. Es sollten sehr schnell bis sofort Maßnahmen ergriffen werden, die die Belastung reduzieren. Der Kopf ist hier einer besonderen Belastung ausgesetzt, gleiches gilt für den Rücken.

Arme und Beine sind keiner belastenden Haltung ausgesetzt, wohingegen der Rücken konstant als belastet und der Kopfbereich als deutlich belastet zu klassifizieren sind.

In den Tab. 6-4 bis Tab. 6-7 sind die Ergebnisse in einer Detailansicht zusammengefasst. In Kapitel sieben findet sich eine Übersicht, die die relevanten Belastungsschwerpunkte zusammenfasst.

### **6.3 Ergebnisse zu Belastungen durch manuelle Arbeit/LMM-mA-EC**

Aus den insgesamt 46 betrachteten Teilvorgängen zur Erfassung von Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen ergeben sich 111 Datensätze. Diese bestehen aus ca. 46 500 einzelnen Daten bezüglich der zu erfassenden Teilbelastungen und umfassen Informationen zum Halten, zu den Bewegungen und zu der Art der Kraftausübung sowie der Kraftübertragung, der Hand-/Armstellung, der Arbeitsorganisation, den Ausführungsbedingungen und der Körperhaltung.

In Summe wurden somit durch beide Bewertungsverfahren mehr als 50 000 Datensätze erfasst. Berücksichtigt man außerdem die zweite Vollerhebung, das Grobscreening, die Ergonomieumfrage sowie die Voranalyse ergeben sich mehr als 102 000 Datensätze.

Bei der Durchführung nach der LMM-mA-EC-Screenings wurde die Wahrscheinlichkeit einer physischen Überbeanspruchung im Bereich des Finger-Hand-Arm-Systems bewertet. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei Einhaltung der 25-Punkte-Grenze (Risikobereich 1, geringe Belastung) die Tätigkeit von allen Beschäftigten, ohne die Gefahr einer physischen Überbeanspruchung, ausgeführt werden kann. (Tab. 4-8, S. 25)

Für trainierte Beschäftigte, die physisch höher belastbar sind, ist die Überschreitung der 25-Punkte-Grenze als akzeptabel einzustufen. Oberhalb von 50 Punkten (Risikobereich 4, hohe Belastung) besteht für alle Beschäftigten die Gefahr einer körperlichen Überbeanspruchung, bei der mit gesundheitlichen Folgen zu rechnen ist. Die Grenzen von 25 bzw. 50 Punkten sind als Orientierung zu verstehen. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Werten die Belastung des Muskel-Skelett-Systems zunimmt.

Nachfolgend sind die Ergebnisse bezüglich der einzelnen Teilvorgänge für beide Schichten mit ihren jeweiligen Teilvorgängen dargestellt (Schicht 1 – Teilvorgang A bis D, Schicht 2 – Teilvorgang E bis F). Die in dieser Arbeit verwendete Excel-LMM-mA-EC ist internes Material der TU Dresden aus der Professur für Arbeitswissenschaft des Jahres 2018. Die Originaltabellen befinden sich in den Anlagen I zu dieser Arbeit. (Anlage I.10, Blätter J1 bis J35)

### 6.3.1 Hauptvorgänge A bis D

In Abb. 6-1 bis Abb. 6-6 sind die relevanten Ergebnisse aus der Excel-Tabelle basierend auf der LMM-mA-EC dargestellt.

Wichtungen:		links	rechts	Gesamtbeurteilung der Tätigkeit	
Kraft		6,4	6,7		
Kraftübertragung		0,8	0,8		
Hand-Arm-Stellung		0,8	0,8		
Hand-Arm-Belastung		8			
Arbeitsorganisation		0			
Ausführungsbedingungen		1			
Körperhaltung		1			
Summe		10			
		x		Zeitw.	
				0,85	
				=	
				9	Punkte

Abb. 6-1: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang A: BOC-WDC-Element

Wichtungen:		links	rechts	Gesamtbeurteilung der Tätigkeit
Kraft		2,9	4,1	
Kraftübertragung		1,2	0,2	
Hand-Arm-Stellung		0,6	0,6	
Hand-Arm-Belastung		6		
Arbeitsorganisation		0		
Ausführungsbedingungen		1		
Körperhaltung		2		
Summe		9		
		x	Zeitw. 1,14	= 10 Punkte

Abb. 6-2: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang B: CWP-16-Box

Wichtungen:

	links	rechts
Kraft	1,8	7,3
Kraftübertragung	0,4	1,2
Hand-Arm-Stellung	0,3	1,0
	↓	
Hand-Arm-Belastung	9	
Arbeitsorganisation	0	
Ausführungsbedingungen	1	
Körperhaltung	2	
Summe	13	

Gesamtbeurteilung der Tätigkeit

Zeitw.

1,63

x

=

21

Punkte

Abb. 6-3: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang C: Rotationsring

Wichtungen:

	links	rechts
Kraft	1,4	6,4
Kraftübertragung	0,3	1,0
Hand-Arm-Stellung	0,3	1,0
Hand-Arm-Belastung	8	
Arbeitsorganisation	0	
Ausführungsbedingungen	1	
Körperhaltung	2	
Summe	12	

**Gesamtbeurteilung der Tätigkeit**

Zeitw.

2,01

x

=

24

Punkte

Abb. 6-4: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang D: Ringplatte

### 6.3.2 Hauptvorgängen E bis F

Wichtungen:

	links	rechts
Kraft	1,0	3,5
Kraftübertragung	0,4	0,4
Hand-Arm-Stellung	0,2	0,2

↓

Hand-Arm-Belastung → 4

Arbeitsorganisation → 0

Ausführungsbedingungen → 1

Körperhaltung → 3

Summe → 8

Gesamtbeurteilung der Tätigkeit

x

0,79

=

6

Punkte

Abb. 6-5: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang E: „Hochzeit“

Wichtungen:	links	rechts	
Kraft	2,0	6,4	
Kraftübertragung	0,3	0,7	
Hand-Arm-Stellung	0,3	0,8	
Hand-Arm-Belastung	8		
Arbeitsorganisation	0		
Ausführungsbedingungen	1		
Körperhaltung	4		
Summe	12		
	x	Zeitw. 1,69	= 20 Punkte

Abb. 6-6: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang F: Komplettierung des Centerwave 6000

**LMM-mA-EC-Ergebnis:** In den Hauptvorgängen A bis D ist die Hand-Arm-Belastung der signifikanteste Faktor, der in der jeweiligen Gesamtbeurteilung zum Tragen kommt. Hierbei hat die Kraft, die sich aus rechtsseitigen Ausführungen im Finger-Hand-Bereich ergibt, den Haupteinfluss bezogen auf Haltedauer und Häufigkeit. In den Hauptvorgängen E bis F ist neben der Kraft auch die Körperhaltung ein bestimmender Faktor der Belastung. Dass sich die Körperhaltung gegenüber den Hauptvorgängen A bis D deutlich hervorhebt, bekräftigt das OWAS-Ergebnis der Gesamtkörperhaltung für die Hauptvorgänge E bis F.

## 7 Auswertung der Gesamtbeurteilungen

### 7.1 Körperhaltung/OWAS

Die Hauptvorgänge E bis F sind für die **Gesamtkörperhaltung** als belastend bis stark belastend einzuordnen. Hier besteht der Bedarf, **schnell und unmittelbar zu handeln**.

Betrachtet man individuelle Körperregionen, **sind Kopf und Rücken** in der statischen Haltung über alle Teilvorgänge am stärksten belastet. Diese ergibt sich vor allem durch die Beugung. Auch hier ist Handlungsbedarf angezeigt. Eine Anpassung muss **so zeitnah wie möglich erfolgen**.

Tab. 7-1 ist eine Zusammenführung der Informationen aus Tab. 6-4 bis Tab. 6-7.

Tab. 7-1: Gesamtübersicht der Beurteilung der Körperhaltung nach dem OWAS-Verfahren

Vorgänge			
	Gesamtkörperhaltung	Körperteil	Codierung/Position
<b>Schicht 1</b>			
mit folgenden Teilvorgängen	<b>Überwiegend keine Belastung</b>	<b>Kopf</b> – belastet bis deutlich belastet	
A: BOC-WDC			2 – nach vorn gebeugt
B: CWP-16			3 – nach hinten gebeugt
			5 – zur Seite gebeugt
C: Rotationsring		<b>Rücken</b> – deutlich belastet	
D: Ringplatte			3 – gedreht oder zur Seite gebeugt
<b>Schicht 2</b>			
mit folgenden Teilvorgängen	<b>Überwiegend belastend bis stark belastend</b>	<b>Kopf</b> – deutlich belastet	
			2 – nach vorn gebeugt
			3 – nach hinten gebeugt
			5 – zur Seite gebeugt
E: Hochzeit		<b>Rücken</b> – belastet	
			2 – gebeugt
			4 – gebeugt und gedreht
F: Fertigstellung Centerwave 6000		<b>Beine</b> – belastet	
			4 – gebeugt
			6 – kniend

Zusammenfassend ergeben sich folgende Ergebnisse aus der Untersuchung nach OWAS im Bereich der Körperhaltung: Die Belastungsschwerpunkte liegen in der statischen Körperhaltung und überwiegen im Kopf- und Rückenbereich. Durch die OWAS-Codierung wird ebenfalls ersichtlich, dass die statische Beugung des Kopfes nach vorne, hinten und zur Seite **belastend** und das Nach-vorne-Beugen

**deutlich belastend** wirken. Der Rücken wird ebenfalls in der statischen Haltung durch Beugung und Drehung belastet.

Zwischen den beiden Schichten besteht der Hauptunterschied darin, dass bei der Gesamtkörperhaltung die erste Schicht mit vier Teilvorgängen überwiegend nicht belastend wirkt. Hier wird ein Anteil von 29 % als belastend eingestuft, wodurch eine **zeitnahe Maßnahmenidentifikation** angezeigt ist. Bei der Gesamtkörperhaltung der zweiten Schicht mit zwei Teilvorgängen werden ca. 70 % als belastend eingestuft, daher sind **Maßnahmen sehr schnell bis sofort umzusetzen**.

Die zweite Schicht ist mit einem Zeitanteil von 31 % gegenüber der ersten Schicht, die in diesem Zusammenhang 69 % ausmacht, deutlich kleiner. Wird allerdings berücksichtigt, dass auch in der ersten Schicht ca. 29 % der Haltungen als belastend eingestuft werden, ergibt sich, bezogen auf beide Schichten mit ihrem jeweiligen prozentualen Zeitanteil, ein Belastungsverhältnis von ca. 42 zu 58. Dies entspricht einem Verhältnis von 4 belastenden Bewegungen zu 6 nicht belastenden Bewegungen (siehe Tab. 7-2).

Tab. 7-2: Tätigkeitszeiten der Schichten, ohne Zeiten für die Vor- oder Nachbereitung

	1. Vollerhebung Februar 2019			2. Vollerhebung Februar 2019		
	Sekunden	Minuten	Prozentualer Anteil	Sekunden	Minuten	Prozentualer Anteil
Schicht 1 (A–D)	19 235	320,6	69,1 %	21 414	356,6	74,3 %
Schicht 2 (E–F)	8 605	143,4	30,9 %	7 395	123,3	25,7 %
<b>Summe</b>	<b>27 840</b>	<b>464</b>	<b>100 %</b>	<b>28 810</b>	<b>479,9</b>	<b>100 %</b>

Werden die in Kapitel 6.1 genannten gesundheitlichen Einflussfaktoren berücksichtigt und Tab. 7-3 zugrunde gelegt, die die Beanspruchung des Körpers bei verschiedenen Körperhaltungen zeigt, wird im Vergleich mit den Ergebnissen aus Tab. 7-1 deutlich, dass dringend Änderungen bzgl. der Körperhaltung des Rückens und des Kopfes umzusetzen sind. Ziel sollte es auch sein, statisches Knien zu vermeiden.

Tab. 7-3: REFA Fachbuchreihe – Arbeitsgestaltung (2014, S. 142) und Sähmann (1970)

Körperhaltung	Erhöhung der Herzfrequenz gegenüber dem Liegen in Ruhelage ( $65 \text{ min}^{-1}$ ) in %	Starke Muskelbeanspruchung
<b>Stehen</b>		
<b>Stehen – Aufrecht</b>	<b>21,5</b>	
<b>Stehen – Gebeugt</b>	<b>28</b>	<b>Rücken, Schenkel</b>
<b>Stehen – stark gebeugt</b>	<b>26</b>	<b>Rücken, Schenkel</b>
<b>Sitzen</b>		
Sitzen – Aufrecht	11	
Sitzen – Aufrecht, Arme über Kopf	20	Rücken, Schulter
<b>Sitzen – Gebeugt</b>	<b>20</b>	<b>Rücken</b>
<b>Knien</b>		
<b>Knien – Aufrecht</b>	<b>32,5</b>	
Knien – Aufrecht, Arme über Kopf	37	Rücken, Schulter
Knien – Gebeugt, Arme am Boden	34	Rücken

## 7.2 Manuelle Arbeit/LMM-mA-EC

Für die erste Schicht, die die Hauptvorgänge A bis D umfasst, ergibt sich folgendes Ergebnis: Die zeitgewichtete Gesamtbelastung im Hand-Arm-System ist mit insgesamt **47 Punkten als erhöht einzustufen**. Ab 50 Punkten gilt die Grenze zu einer hohen Belastung als überschritten, bei der Überbeanspruchungen wahrscheinlich und Maßnahmen umgehend zu prüfen sind. Die Unterschreitung der 50-Punkte-Grenze mit lediglich 3 Bewertungspunkten zeigt auch, wie unmittelbar die momentane Arbeitsgestaltung vor einer wahrscheinlichen Überbelastung der Mitarbeiter steht.

Aus den vier Gesamtbeurteilungen pro Hauptvorgang, die in Abb. 7-1 aufgeführt werden, wird deutlich, dass die Hauptbelastung im Hand-Arm-Bereich liegt und von der Kraft, Kraftübertragung und Hand-Arm-Stellung abhängig ist. Körperhaltung, Ausführungsbedingungen und Arbeitsorganisation können im Vergleich vernachlässigt werden.



Errechnung der zeitgewichteten Gesamtbewertung												
Teilaufgabe	Dauer [h]	Einzelwichtungen										Punkte
		Krafthöhe		Kraftübertragung		Gelenkstellung		Arb.-Org.	Ausf.	Haltung	Zeit	
		li	re	li	re	li	re					
A	0,7	6,4	6,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	0,9	9
B	1,3	2,9	4,1	1,2	1,2	0,6	0,6	0,0	0,9	2,1	1,1	10
C	2,3	1,8	7,3	0,4	1,2	0,3	1,0	0,0	1,0	2,2	1,6	21
D	3,0	1,4	6,4	0,3	1,0	0,3	1,0	0,1	1,0	2,5	2,0	24
	7,3											

Variante analog LMM H E

0,8

1,8

6,4

24,1

33,1

zeitgewichtete Einzelwichtungen												max. re/li
A		0,6	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1		1
B		0,5	0,7	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,2	0,4		2
C		0,6	2,3	0,1	0,4	0,1	0,3	0,0	0,3	0,7		4
D		0,6	2,7	0,1	0,4	0,1	0,4	0,0	0,4	1,0		5

Gesamtwert

47 Punkte

Der Gesamtwert ist im Risikobereich 3 einzuordnen.

Bewertung

Risikobereich ***)	Punktwert	Beschreibung
1	<10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis <25	Mittlere Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis <50	Erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind zu prüfen.
4	≥50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

\*) Die Grenzen zwischen den Risikobereichen sind aufgrund der individuellen Arbeitstechniken und Leistungsvoraussetzungen fließend. Damit darf die Einstufung nur als Orientierungshilfe verstanden werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten die Belastung des Muskel-Skelett-Systems zunimmt.

Abb. 7-1: Ergebnisdarstellung – Screenshot, LMM-mA-EC Excel (2017): internes Material, TU Dresden, Professur für Arbeitswissenschaft

In der zweiten Schicht, die die Hauptvorgänge E bis F umfasst, zeigt sich folgendes Ergebnis: Die Gesamtbewertung fällt differenzierter aus, da die Bewertung mit **22 Punkten** lediglich **eine mittlere Belastung** ergibt. Die Grenze verläuft auch hier fließend, da ebenfalls nur drei Punkte bis zur Einstufung als erhöhte Belastung fehlen. Die Körperhaltung (siehe Abb. 6-5 und Abb. 6-6) ist im Vergleich zur ersten Schicht und ihren Teilvorgängen ebenfalls ein belastender Faktor, der ergänzend zu der Hand-Arm-Belastung vorliegt. Die Einstufung der Körperhaltung erfolgt zwischen den Risikobereichen drei und vier, was einer ungünstigen bis schlechten Belastung entspricht. Hier wiederholt sich das Belastungsergebnis aus OWAS für die zweite Schicht mit den Hauptvorgängen E bis F. Die Belastungsmerkmale umfassen einen vorgebeugten und verdrehten Rumpf, eine vorgegebene Kopfhaltung, eine fixierte Körperhaltung, Bücken bzw. Knien und eine starke Kopfneigung mit Drehung.

Errechnung der zeitgewichteten Gesamtbewertung E - F												
Teilaufgabe	Dauer	Einzelwichtungen										Punkte
		Krafthöhe		Kraftübertragung		Gelenkstellung		Arb.-Org.	Ausf.	Haltung	Zeit	
		li	re	li	re	li	re					
E	0,6	1,0	3,5	0,4	0,4	0,2	0,2	0,0	1,0	3,0	0,8	6
F	2,4	2,0	6,4	0,3	0,7	0,3	0,8	0,0	0,7	3,5	1,7	20
	3,0											
zeitgewichtete Einzelwichtungen												
E		0,2	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6		max re/li
F		1,6	5,1	0,2	0,6	0,3	0,7	0,0	0,6	2,8		
Gesamtwert											22	Punkte

Variante analog LMM H E

1,3

20,5

21,8

Der Gesamtwert ist im **Risikobereich 2** einzuordnen.

Bewertung		
Risikobereich ***)	Punktwert	Beschreibung
1	<10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis <25	Mittlere Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis <50	Erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind zu prüfen.
4	≥50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

\*\*\*) Die Grenzen zwischen den Risikobereichen sind aufgrund der individuellen Arbeitstechniken und Leistungsvoraussetzungen fließend. Damit darf die Einstufung nur als **Orientierungshilfe** verstanden werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten die Belastung des Muskel-Skelett-Systems zunimmt.

Abb. 7-2: Ergebnisdarstellung – Screenshot, ebd.

Beide Gesamtpunktzahlen des Verfahrens nach der LMM-mA-EC liegen in ihrem jeweiligen Klassifikationssegment an der oberen Grenze. Insgesamt ist eine mittlere bis erhöhte Belastung festzustellen.

Unter Berücksichtigung der gesundheitlichen Situation, dem Alter und den Belastungen, die sich zusätzlich aus der OWAS-Körperhaltungsanalyse ergeben haben, sind **umgehend Maßnahmen zu prüfen**.

## 8 Stellschraubenkonzept und Erstellung von Belastungsalternativen

### 8.1 Extraktion von Einflussgrößen

Wesentliche Einflussgrößen, die sich aus den Belastungssituationen ergeben, sind in Tab. 8-1 dargestellt. Diese können als ‚Stellschrauben‘ betrachtet werden, die mit dem Ziel einer Belastungsreduzierung angepasst werden können.

Tab. 8-1: Einflussgrößen der Belastungssituationen

Hauptvorgang	Belastungs-faktor	Belastungs-merkmal	Stellschraube
A bis D	Manuelle Arbeit	Finger-Hand-Arm-System	Kraftaufwendung im Finger-Hand-System (Druckkraft, Daumen und Zeigefinger)
A bis D	Statische Körper- und Zwangshaltung	Haltungsposition, insb. Rücken- und Kopfbereich	verdrehter Oberkörper, Verdrehung des Kopfes, statische Muskelarbeit (Haltungsarbeit)
E bis F	Manuelle Arbeit	Haltungsposition, insb. Rücken- und Kopfbereich	Ganzkörperhaltung (Kopfneigung oder -verdrehung, Rumpf verdreht oder vorgeneigt)
E bis F	Manuelle Arbeit	Finger-Hand-Arm-System	Kraftaufwendung im Finger-Hand-System (Druckkraft, Daumen und Zeigefinger)
E bis F	Statische Körper- und Zwangshaltung	Haltungsposition, insb. Rücken- und Kopfbereich und Beine	Ganzkörperhaltung (Rücken und Kopf), Kopfneigung und Verdrehung, Rumpfbeuge und Knien

Bei den Hauptvorgängen A bis D sind die **Kraftaufwendungen, insb. die Druckkraft, im Finger-Hand-Arm-System** als wesentlicher Faktor für die Belastung aus manueller Arbeit anzusehen. Im Bereich der Körper- und Zwangshaltung sind die statischen **Haltungen im Rücken und Kopfbereich, die sich aus der Rumpfbeugung, der seitlich gebeugten Rückenhaltung und dem nach vorn und hinten gedrehten Kopf** ergeben, die wesentlichen Belastungsfaktoren.

In den Hauptvorgängen E bis F (‚Hochzeit‘ und Fertigstellung des Centerwave 6000) spielt sowohl bei der manuellen Arbeit als Belastungsart als auch bei der Körper- und Zwangshaltung **die Gesamtkörperhaltung** eine belastende Rolle.

Bei der separaten Bewertung der Belastungsarten stellen sich für die manuelle Arbeit in den Hauptvorgängen E bis F die Kraftaufwendungen im Finger-Hand-Arm-System als wesentlicher Belastungsfaktor dar. Im Bereich der Körper- und Zwangshaltung sind die statischen **Haltungen im Kopf-, Rücken- und Beinbereich, die sich aus dem nach vorn und hinten gedrehten Kopf, der Rumpfbeugung, der seitlich gebeugten Rückenhaltung und dem Knien ergeben**, die wesentlichen Belastungsfaktoren.

## 8.2 Ermittlung von Belastungsalternativen

Unter der Ermittlung von Belastungsalternativen ist zu verstehen, dass die Parameter (‚Stellschrauben‘, siehe Tab. 8-1) in den Excel-Tabellen zum OWAS- und Verfahren nach der LMM-mA-EC die ein signifikantes Verbesserungspotential aufweisen, ermittelt werden. Anschließend werden diese in den jeweiligen Inkrementen der Teilvorgänge iterativ variiert, d. h. es wird an ihnen ‚geschraubt‘, bis die Veränderung im Ergebnis zu einer neutralen Belastung führt.

Bei der Ermittlung der Belastungsalternativen wurden folgende Schwerpunkte gesetzt (nach Tab. 1 aus Anhang 1, Blätter 1 bis 3).

- Optimierung im Bereich der Hauptvorgang E bis F da sich diese Stellschrauben positiv auf die Belastungssituation im Bereich der Haltungskombinationen, Gesamtkörperhaltung **und** der manuellen Arbeit auswirken.
- Optimierung im Bereich der Hauptvorgänge A bis B, da sich diese Stellschrauben positiv auf die Belastungssituation der manuellen Arbeit auswirken, insbesondere im Finger-Hand-Arm-System.
- In den Hauptvorgängen C bis D werden vereinzelte Verbesserungen vorgenommen im Bereich der Haltungskombinationen.
- Die vier ausgewählten Hauptvorgänge A, B, E und F decken in Summe 47,9 % der Gesamtschichtzeit und 100 % der zweiten Tagesschicht ab.

Die Ergebnisse sind dieser Arbeit als nicht gesperrter Anhang 2 beigelegt. Zur Dokumentation der Ergebnisse ist eine Vorher-Nachher-Tabelle Tab. 8-2

nachfolgend abgebildet, mithilfe derer die Ergebnisse der Anpassung der ‚Stellschrauben‘ erfasst werden können.

Tab. 8-2: Vorher- Nachher Darstellung, nach Anwendung des Stellschraubenprinzips

Belastungsmerkmal	Vorher	Risikobereich		Nachher	Hauptvorgänge
<b>OWAS</b>					E bis F
<b>Gesamtkörperhaltung</b>	28,4 %	Grün - Körperhaltung normal		55,1 %	
	48,1 %	Gelb - Körperhaltung belastend		44,9 %	
	3,1 %	Orange - Körperhaltung deutlich belastend		0 %	
	20,5 %	Rot - Körperhaltung deutlich schwer belastend		0 %	
Statisch - <b>Kopf</b>	52,1 %	Orange - Körperhaltung deutlich belastend		0 %	
	27,5 %	Gelb - Körperhaltung belastend		32,1 %	
Statisch - <b>Rücken</b>	53,5 %	Gelb - Körperhaltung belastend		0 %	
Statisch - <b>Beine</b>	9,4 %	Gelb - Körperhaltung belastend		0 %	
Dynamisch - <b>Kopf</b>	13,9 %	Gelb - Körperhaltung belastend		0 %	
Dynamisch - <b>Rücken</b>	13,9 %	Gelb - Körperhaltung belastend		0 %	
<b>Gesamtkörperhaltung</b>	70 %	Grün - Körperhaltung normal		84,9 %	A bis D
	29,1 %	Gelb - Körperhaltung belastend		14,1 %	
	0,9 %	Rot - Körperhaltung deutlich schwer belastend		0,9 %	
Statisch - <b>Kopf</b>	2,8 %	Grün - Körperhaltung normal		38,4	
	51,7 %	Orange - Körperhaltung deutlich belastend		0 %	
	32,9 %	Gelb - Körperhaltung belastend		48,9 %	
Statisch - <b>Rücken</b>	41,5 %	Orange - Körperhaltung deutlich belastend		0 %	
<b>LMM-mA-EC</b>					
Hand-Arm-Belastung	8 Punkte			1 Punkt	A
Hand-Arm-Belastung	6 Punkte			1 Punkt	B
Körperhaltung	3,5 Punkte	Ungünstig bis Schlecht	Geringe Belastung	1 Punkt	E bis F
Gesamtbewertung	47 Punkte	Erhöhte Belastung	Erhöhte Belastung	32 Punkte	A bis D
Gesamtbewertung	22 Punkte	Mittlere Belastung	Geringe Belastung	9 Punkte	E bis F

## 9 Maßnahmenentwicklung

Bei der Entwicklung der Maßnahmen zur Verbesserung der Ergonomie des Arbeitsplatzes wird besonders darauf geachtet, dass diese mit dem übergeordneten Ziel, „[...] eine konkrete Grundlage für eine innerbetriebliche Verknüpfung zwischen der Arbeitssicherheit und dem Gesundheitsschutz, basierend auf einem menschenorientierten Ansatz, zu schaffen.“, dieser Masterarbeit übereinstimmen. Sie sollen für mittelständische Unternehmen umsetzbar und praxistauglich sein, mit dem Anspruch die vorgeschlagenen Lösungen auf dem europäischen Markt kaufen bzw. zur Realisierung beauftragen zu können.

Nachfolgend sind die zur Belastungsreduzierung erforderlichen Maßnahmen aufgelistet, basierend auf den durch das Stellschraubenprinzip ermittelten Einflussgrößen.

Als wesentlich wird eine Abstimmung zwischen dem Konstrukteur und den Angestellten in der Fertigung betrachtet. Durch eine an die menschliche Ergonomie angepasste Konstruktion und damit der Verbesserung der Zugänglichkeit und Handhabbarkeit während der Montage kann bereits eine Vielzahl von unnötigen manuellen Belastungssituationen vermieden werden. Dies bezieht sich insbesondere auf das Finger-Hand-Arm-System. Die Verwendung eines elektrischen höhen- und neigungsverstellbaren Montagetisches ( $\pm 0,5$  bis  $1,5$  m und  $\pm 0^\circ$  bis  $90^\circ$ ) kann zudem die Belastungssituation, die im Bereich der Körperhaltung auftritt, signifikant verbessern.

Organisatorische Maßnahmen (willensabhängig):

- Konstrukteure haben sich bei der Entwicklung mit den Mitarbeitern der Montage/Fertigung sowie dem Service für Wartung und Instandhaltung abzustimmen,
- Höhenverstellbarer Arbeitstisch, der sowohl das Stehen als auch das Sitzen unterstützt,
- Ortsveränderliche Behälterboxen, die vom Arbeitsplatz an den höhenverstellbaren Montagetisch gebracht und dort ergonomisch befestigt werden können,

- Gesetzlich gefordertes Angebot einer Wunschvorsorge für die betroffenen Mitarbeitern (nach Arbeitsmedizinischer Vorsorge Verordnung [ArbMedVV] und AMR 13.2 (4.1)),
- Durchführung der gesetzlich geforderten Gefährdungsbeurteilung (nach BetrSichV §§3 (1) 2. (4) und 6 (1) und TRBS 1111 und TRBS 1151 (3.1.2)),
- Kurzpausen von vier bis fünf Minuten alle 1 ½ Stunden und ein Wechsel mit anderen Tätigkeiten in der Produktion, die nicht die gleichen Muskelgruppen belasten.

Technische Lösungen (willensunabhängig):

- Mobile elektrische Betriebsmittel (ortsveränderlich), um die Belastung bzgl. manueller Arbeiten zu reduzieren. Beispiele sind die Einstellbarkeit auf die jeweiligen Drehmomente, einer am Bohrkopf angebrachten LED-Leuchte und ein Gürtel-Clip sowie ein bürstenloser Motor, der leise ist und mit einer Akkuspannung von mind. 18 Volt auch tiefe Bohrungen in massiven Materialien ermöglicht.
- Passende Adapter für kleinteilige Schraubverbindungen für die Verwendung ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel (< 3 kg).
- Ergonomischer Montagearbeitsplatz
  - a. Die kleinen Bauteilstücke aus den Stücklisten werden ergonomisch am Arbeitsplatz in Behälterboxen aufbewahrt (Greif- und Funktionsraum).
  - b. Gewichtsbeschränkung (< 3 kg) und ergonomisch angepasste Handgriffe der elektrischen Betriebsmittel. Außerdem sollten bei der Durchführung von horizontalen Arbeiten Betriebsmittel mit einem T-förmigen, in der Werkzeugmitte ansetzenden Griff zur Verfügung stehen, da diese Geräte gut auszubalancieren sind. Bei senkrechten Arbeiten sollten Betriebsmittel mit einem pistolenförmigen Griff angeboten werden, da mehr Gewicht auf die Schrauben aufgebracht werden kann. Alternativ können aufgehängte Stabschrauber mit einem Schubstarter, die einen festen Halt am Griff bieten, dienen.



Abb. 9-1: Darstellung eines ergonomischen Montagearbeitsplatzes mit Greif- und Funktionsräumen sowie formschlüssigen Betriebsmitteln

- Ergonomisches Sitzkonzept
  - a. Sattelhocker mit beweglicher Sitzfläche
  - b. Stehhilfe für die Industrie
  - c. Ergonomischer Industriestuhl für den Arbeitstisch
- Elektrischer höhen- und neigungsverstellbarer Montagetisch (Beispiel: Tisch der Firma *bauersysteme* – 300 kg Traglast)
  - a. Hierdurch kann die Arbeitsposition vom Mitarbeiter an seine Bedürfnisse angepasst werden. Dadurch wird das Kippmoment bei der Verwendung mobiler elektrischer Betriebsmittel verringert, da Arbeiten in Ellenbogenhöhe möglich sind.
  - b. Es wird eine Handhaltung in der Funktionsrichtung ermöglicht, die gleich der Kraftrichtung ist.
  - c. Durch freie und elektrisch einstellbare Höhen- und Winkelbereiche ( $\pm 0,5$  bis  $1,5$  m und  $\pm 0^\circ$  bis  $90^\circ$ ) kann die Körperhaltung bei der Arbeit optimiert werden. Es kommt nicht zu Zwangshaltungen oder Asymmetrien.
  - d. Körpernahes Arbeiten wird ermöglicht (Optimierung von Fuß- und Beinraum – nahes Herantreten an Krafteinleitungsstelle - sowie des Greifraumes – Kraftangriffspunkt).
  - e. Freie Wahl günstiger Kraftangriffspunkte und -richtungen.





Abb. 9-2: Höhen- und neigungsverstellbarer Montagetisch für manuelle Tätigkeiten, Produktdarstellung, entnommen aus dem Internetauftritt der Firma *bauersysteme*

## 10 Zusammenfassung und Ausblick

### 10.1 Überblick und Ergebnisse

Die zu Beginn aufgestellte Hypothese lautet: „[...] dass sich die aktuelle Tätigkeitsgestaltung durch krankheitsbewirkende physische Belastungsfaktoren auszeichnet, die eine körperlich belastende Exposition darstellen.“

Durch die Anwendung arbeitswissenschaftlicher Verfahren (OWAS und LMM-mA-EC) konnte nachgewiesen werden, dass der Arbeitsplatz hinsichtlich seiner Tätigkeitsmerkmale die Gefahrenmerkmale nach § 2 (1) ArbSchG, § 3 (2) BetrSichV und TRBS 1151 erfüllt. Die Hypothese, dass sich die Tätigkeit krankheitsbewirkende physische Belastungsfaktoren auszeichnet, wurde bestätigt.

Als Dokumentation existierten nun detaillierte Informationen bezüglich der vorliegenden Problemfelder bei der Arbeitsdurchführung sowie geeigneter Gegenmaßnahmen. Gestützt wird diese durch vielfältige arbeitswissenschaftliche Veröffentlichungen und Untersuchungen zum Thema ‚ergonomische, menschengerechte Arbeitsgestaltung‘ und ihre Auswirkungen in Form von MSE. Informationen hierzu finden sich auch im Literaturverzeichnis dieser Arbeit.

Das angestrebte Ergebnis dieser Arbeit war es, „[...] ein praktischer Leitfaden zu sein, um physische Belastungen zu ermitteln und geeignete Analyseverfahren transparent zu machen sowie eine mögliche Vorgehensweise für Sicherheitsfachkräfte und Personalverantwortliche aufzuzeigen“.

Seit 2015 sind Arbeitgeber u. a. aufgefordert, den Stand der Technik bei der Verwendung von Arbeitsmitteln kontinuierlich auf die Gefährdungsbeurteilung zu überprüfen und ggf. Schutzmaßnahmen zu ergreifen. (BMAS/BAUA, (2018) Empfehlung Betriebssicherheit [EmpfBS] Nr. 1114))

„3.1 (4) Schutzmaßnahmen sind mit dem Ziel zu planen, Technik, Arbeitsorganisation, sonstige Arbeitsbedingungen und Arbeitsumgebung unter Einschluss der sozialen Beziehungen sachgerecht zu verknüpfen. Sie sind so anzulegen, dass bei allen **von Beschäftigten durchgeführten Tätigkeiten Gefährdungen vermieden oder minimiert werden.**“ (S.3)

Diese Empfehlung des Ausschusses für Betriebssicherheit wurde 2018 vom BMAS und der BAuA übernommen und als EmpfBS 1114 veröffentlicht. Mit Hilfe dieser Arbeit ist es mittelständischen Unternehmen nun möglich, diesem arbeitsmedizinischen und -wissenschaftlichen Anliegen Rechnung zu tragen.

Diese Arbeit kann somit als ein praxisbezogener Leitfaden verstanden werden, der Vorgehensweisen und geeignete Verfahren für Sicherheitsfachkräfte und Personalverantwortliche transparent macht. Es wird das Ziel gesetzt, die Gesundheit der Beschäftigten so gut wie möglich zu erhalten, und zu verhindern, dass Beschäftigte infolge ihrer Tätigkeit in Bezug auf ihre Gesundheit Schaden nehmen.

Abb. 10-1 veranschaulicht noch einmal in einem Flussdiagramm das Vorgehen bei einer Gefährdungsbeurteilung bzgl. der Verwendung von Arbeitsmitteln, u. a. bei Montagetätigkeiten. Die unter 3.2.3 dargestellten bzw. rot markierten Vierecke sind die Ansatzpunkte, für die diese Masterarbeit als hilfreicher Leitfaden und Informationsgeber Anwendung finden kann.

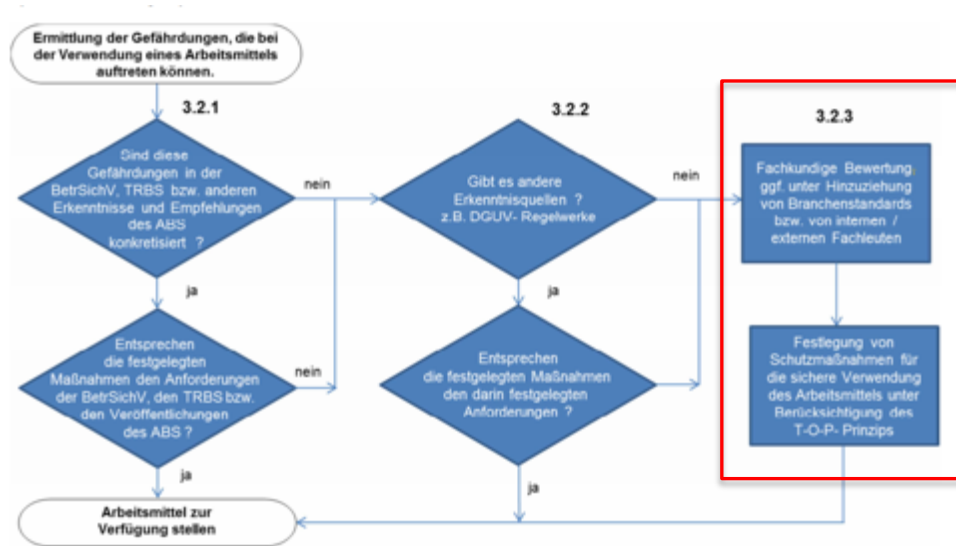


Abb. 10-1: BAuA, EmpfBS 1114 - Anpassung an den Stand der Technik, (Abb.1) (2018, S.4)

Es ist aber auch festzuhalten, dass die gesetzlich geforderte Gefährdungsbeurteilung für ‚normale‘ Fachkräfte der Arbeitssicherheit [FaSi] nur schwer abzubilden ist, da die Ausbildung nicht das erforderliche Fachwissen beinhaltet. Auch studierte Sicherheitsingenieure beschäftigen sich vorrangig mit dem Thema der Produktergonomie und weniger mit ergonomischen Aspekten von Arbeitsabläufen und den entsprechenden Bewertungsverfahren. Das Wissen hierrüber wird meistens an Universitäten, insbesondere an den wenigen arbeitswissenschaftlichen Instituten oder Lehrstühlen, vermittelt. Somit lässt sich die Vorgabe aus § 6 (1) Absatz d, ASiG bzgl. der Aufgabe der FaSi in der Praxis nicht erfüllen.

Unternehmer oder Führungskräfte, die ihrer Führsorgepflicht nachkommen wollen, müssen sich an berufsgenossenschaftliche oder universitäre Institute wenden. Eine qualitativ hochwertige Weiter- und Fortbildung für Fachkräfte der Arbeitssicherheit im Bereich ergonomischer Verfahren ist außerhalb dieser Einrichtungen schwer zu finden.

## 10.2 Ausblick

Diese Arbeit bietet darüber hinaus die Möglichkeit, weiterführende Untersuchungen zu verfolgen, um die Ergonomie und Arbeitsplatzgestaltung mit anderen arbeitsschutzrelevanten Themen zu verknüpfen. Hierdurch würde nicht nur die Verwertungsmöglichkeit gesteigert, sondern auch die Grundlage für einen ganzheitlichen Arbeitsschutz geschaffen werden. Es können beispielsweise folgende Ansatzpunkte verfolgt werden:

- Start eines **Ergonomiemanagements** unter Berücksichtigung von KoBRA (Kooperationsprogramm zu normativem Management von Belastungen und Risiken bei körperlicher Arbeit),
- Gestaltung der Arbeitsumwelt: Verknüpfung relevanter, spezifischer ergonomischer Belastungsmerkmale mit anderen Gefährdungsbeurteilungen, wie z. B. Sicht, Lärm, Licht, Farbe, Klima, Gefahrstoffe und der zeitlichen und räumlichen Ablaufgestaltung, hin zu einer **ganzheitlichen Gefährdungsbeurteilung**,
- Beginn der **Umsetzung aus gesetzlichen Forderungen**, bestehend aus der Novelle „Betriebssicherheitsverordnung“ aus dem Jahr 2015 und hier speziell den §§ 3 (1) 2. (4) und 6 (2) sowie der damit einhergehenden TRBS 1111 und TRBS 1151 (3.1.2). Diese haben ausdrücklich das Ziel, die Generation der über 50-Jährigen länger im Arbeitsleben zu halten und deren gesundheitliche Risiken zu minimieren, um den demographischen Wandel in der Arbeitswelt mit zu begleiten,
- Beginn einer alters- und altersgerechten Gestaltung von Arbeitssystemen auf allen Ebenen des ‚Hauses der Arbeit‘ (nach Illmarinen und Tempel, 2001) begleitet durch eine Mitarbeiterbefragung auf Basis des ‚work ability index‘ [WAI] (Tuomi, Illmarinen, Jahkola, Katajarinne & Tulkki, 2001),
- Integration des Arbeitsschutzes in die betriebliche Ablauforganisation: Berücksichtigung der Ergebnisse aus dieser Masterarbeit, als Ausgangsbasis um Rückschlüsse auf die Fertigungs- und Montagebedingungen anderer Produkte zu ziehen. Die Arbeit eröffnet die Perspektive einen generellen Gesundheitsgewinn zu erzielen, der auf der Minimierung von vergleichbaren ergonomischen Risikofaktoren in der gesamten Fertigung beruht.

## QUELLENVERZEICHNIS

(STROHDECKER, J., 2005, S. 101-118)

### SELBSTSTÄNDIGE QUELLEN:

FALLER, Adolf (1988), **Der Körper des Menschen**. Stuttgart; New York: Thieme, 11. Auflage; ISBN 3-133-29711-2

KARHU, Osmo; KANSI, Pekka; KUORINKA, Iikka. Correcting working postures in industry: a practical method for analysis, **OWAS**, Applied ergonomics (1977), 8. Jg., Nr. 4, S. 199-201.

M. Schmauder und B. Spanner-Ulmer (2014) **Ergonomie**. Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. In REFA-Fachbuchreihe Arbeitsgestaltung (S. 16 und S.243) München: Hanser; ISBN: 978-3-446-44139-2

Michaela Kugler, Max Bierwirth, Karlheinz Schaub, Andrea Sinn-Behrendt, Alexandra Feith, Kazem Ghezeli-Ahmadi & Ralph Bruder (2010), **Ergonomie in der Industrie – aber wie?** Handlungshilfe für den schrittweisen Aufbau eines einfachen Ergonomiemanagements; ISBN 978-3-00-032123-8

U. Steinberg, F. Liebers, A. Klußmann, H. Gebhardt, M. A. Rieger, S. Behrendt & U. Latza, Projekt „Evaluierung einer Handlungshilfe zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei manueller Arbeit mit geringen Kräften“ – **Projekt F 2195** – der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; ISBN 978-3-88261-722-1.

Ulf Steinberg und Dr. med. Falk Liebers (2014), **Manuelle Arbeit ohne Schaden** -Grundsätze und Gefährdungsbeurteilung, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dr.-Ing. André Klußmann, Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e. V. (ASER), ISBN 978-3-88261-009-3

VON BRANDIS, Hans-Joachim; SCHÖNBERGER, Winfried. (1995), **Anatomie und Physiologie für Krankenpflegeberufe** sowie andere medizinische und pharmazeutische Fachberufe: G. Fischer; ISBN 3-437-00653-3

**Arbeitsmedizinische Regel (AMR) 13.2:** Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System von 2014, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Verfügbar unter: Bek. d. BMAS v. 17.11.2014 – IIIb1-36628-15/9

**Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)** von 2015, S.2; Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit.; Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/arbschg/ArbSchG.pdf>

**Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)** von 1996, Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der EG-Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz und weiterer Arbeitsschutz-Richtlinien; Deutscher Bundestag, Sachgebiet 805, Begründung S. 11 ff.; Verfügbar unter: Drucksache 13/3540

**Empfehlung zur Betriebssicherheit (EmpfBS)** Nr. 1114 - Anpassung an den Stand der Technik bei der Verwendung von Arbeitsmitteln, BMAS/BAUA, von 2018, S. 4; Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-TechnischeRegeln/Regelwerk/TRBS/pdf/EmpfBS-1114>

**Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit (ASiG)** von 1973 (BGBl. I S. 1885) - Zuletzt geändert durch Art. 3 Abs. 5 G v. 20.4.2013 I 868; Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/asig/ASiG.pdf>

**Technische Regel Betriebssicherheit 1151-** Gefährdung an der Schnittstelle Mensch – Arbeitsmittel – Ergonomische und menschliche Faktoren, Arbeitssysteme von 2015, S. 5; Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA); Verfügbar unter: GMBI 2015 S. 340 [Nr. 17/18]

### UNSELBSTÄNDIGE QUELLEN:

C. Kamusella, Herbstkonferenz (2015), Dresden: Arbeitswissenschaft mit Interdisziplinarität und Methodenvielfalt, Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Dortmund (Hrsg.), Beitrag: **Methodenumsetzung in der digitalen Ergonomie**, S. 12

Daniel GRÖLLICH, Martin SCHMAUDER, Christiane KAMUSELLA Herbstkonferenz (2016), Hamburg: Fokus Mensch im Flugzeugbau 1 Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Dortmund (Hrsg.), Beitrag: **Evaluation Produktionsbedingungen; Ergonomie A350**, S. 11

### INTERNETQUELLEN:

AWS (Assembly Worksheet), **Kurzanleitung zur Tool-Version 1.2**, Stand 2010, , S. 1, Technische Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft; Zugriff am November 2018, Verfügbar unter: <https://kobra-projekt.de/>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [BAuA] (2018), **Arbeitswelt im Wandel: Zahlen-Daten-Fakten**, Ausgabe 2018, S.45, , ISBN: 978-3-88261-244-8; Zugriff am Mai/Juni 2019, Verfügbar unter: doi:10.21934/baua:praxis20180131

Deutsche gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), 2016 **Handlungsanleitung „Carpaltunnel-Syndrom**, Ermittlung und Beurteilung der Exposition im Sinne der Wissenschaftlichen Begründung für die Berufskrankheit „Druckschädigung des Nervus medianus im Carpal tunnel“, S. 7 f., Zugriff am Mai/Juni 2019, Verfügbar unter: <https://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/dguv-handlungsanleitung-cts-juni-2016.pdf>

**DGUV-Statistiken für die Praxis 2017**, Aktuelle Zahlen und Zeitreihen aus der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Herausgegeben von der Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V, Zugriff am Mai/Juni 2019, Verfügbar unter: <https://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/12743-dt.pdf>

F. Knieps, H. Pfaff; Zahlen, Daten, Fakten – **BKK Gesundheitsreport 2018**, MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsanstalt. Berlin, 2018; Zugriff am Mai/Juni 2019, Verfügbar unter: <https://www.bkk-dachverband.de/publikationen/bkk-gesundheitsreport.html>

F. Liebers, C. Brendler, U. Latza, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 2016, **Forschung Projekt F 2255**, Berufsspezifisches Risiko für das Auftreten von Arbeitsunfähigkeit durch Muskel-Skelett-Erkrankungen und Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems, ISBN: 978-3-88261-165-6, Zugriff am Mai/Juni 2019, Verfügbar unter: DOI: 10.21934/baua:bericht20160629

Kooperationsprogramm zu normativem Management von Belastungen und Risiken bei körperlicher Arbeit (**KoBRA**), 2010, Technische Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft; Zugriff am November 2018, Verfügbar unter: <https://kobra-projekt.de/>

LASI-Veröffentlichung (LV) 57, 2013, **Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei manuellen Arbeitsprozessen**, Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI), Zugriff am Mai/Juni 2019, Verfügbar unter: [lasi-info.com](http://lasi-info.com)

Rolf Ellegast, Fachgespräch Ergonomie 2004, Themenschwerpunkten "Berufsbezogene Belastungen des Muskel-Skelett-Systems - Übersicht über Verfahren und Handlungshilfen zur spezifischen Bewertung" (**BGIA-Report 4/2005**), Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2007, ISBN: 3-88383-687-7; Zugriff am Mai/Juni 2019, Verfügbar unter: <https://www.dguv.de/ifa/publikationen/reports-download/bgia-reports-2005-bis-2006/bgia-report-4-2005/index.jsp>

U. Hoehne-Hückstädt, C. Herda, R.P Ellegast, I. Hermanns, R. Hamburger, D. Ditschen: Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremität - Entwicklung eines Systems zur Erfassung und arbeitswissenschaftlichen Bewertung von komplexen Bewegungen der oberen Extremität bei beruflichen Tätigkeiten (**BGIA-Report 2/2007**), S. 14, 16, Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen



Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2007, ISBN: 978-3-88383-722-9; Zugriff am Mai/Juni 2019, Verfügbar unter: <https://www.dguv.de/ifa/publikationen/reports-download/bgia-reports-2007-bis-2008/bgia-report-2-2007/index.jsp>

U. Steinberg, S. Behrendt, G. Caffier, K. Schultz, M. Jakob, 2007, S.9, Projekt „Handlungshilfe zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei manueller Arbeit – Begründung von Hypothesen und Prüfung eines Arbeitsentwurfes unter Praxisbedingungen“ – **Projekt F 1994** – der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Zugriff am Mai/Juni 2019, Verfügbar unter: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

#### UNVERÖFFENTLICHTE QUELLEN:

BAuA (2012), **nicht öffentliche Zählregeln**, LMM-MA-E

Kamusella C. (2018), Ergonomie - Physische Belastung - **Belastungsart Körperkräfte**, (Unveröffentlichtes Vorlesungsskript zu Modul 6) Technische Universität Dresden

Kamusella C. (2018), Ergonomie - Physische Belastung - **Belastungsart Körperzwangshaltung**, (Unveröffentlichtes Vorlesungsskript zu Modul 6) Technische Universität Dresden, S. 4

Kamusella C. (2018), Ergonomie - Physische Belastung - **Systematik**, (Unveröffentlichtes Vorlesungsskript zu Modul 6) Technische Universität Dresden

Kamusella C. (2018), Ergonomie - Physische Belastung - **Ergonomieuntersuchungen und ihre Einflussfaktoren**, (Unveröffentlichtes Vorlesungsskript zu Modul 6) Technische Universität Dresden

Kamusella C. (2018), Ergonomie - Physische Belastung - Screeningverfahren **Leitmerkmalmethode 2011**, (Unveröffentlichtes Vorlesungsskript) Technische Universität Dresden

Schmauder M. (2018), **Arbeitswissenschaftliche Grundlagen**,  
(Unveröffentlichtes Vorlesungsskript zu Modul 1) Technische Universität  
Dresden, S. 2

#### **WEITERFÜHRENDE LITERATUR:**

A. Seidler: Die Epidemiologie der arbeitsbezogenen Muskel-Skelett-Erkrankungen  
– von den Risikoschätzern zu wirksamen Präventionsmaßnahmen. Zbl  
Arbeitsmed 60 (2010) 374–376

Caffier G, Steinberg U, Liebers F (1999). Praxisorientiertes Methodeninventar zur  
Belastungs- und Beanspruchungsbeurteilung im Zusammenhang mit  
arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen, Bremerhaven: NW  
Wirtschaftsverlag 1999. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und  
Arbeitsmedizin Dortmund/Berlin: Forschung, Fb 850)

G. Richter, C. Hecker, A. Hinz: Produktionsarbeit in Deutschland - mit alternden  
Belegschaften, 1.Auflage. Berlin: Erich Schmidt Verlag 2017, ISBN: 978-3-503-  
17617-5

H. M. Hasselhorn, A. Rauch: Perspektiven von Arbeit, Alter, Gesundheit und  
Erwerbsteilhabe in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt -  
Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 56 (2013), Heft 3, 2013,  
DOI:10.1007/s00103-012-1614-0

M. Brüssig, (2010): Höhere Alterserwerbsbeteiligung durch längere  
Erwerbsphasen - In jüngeren Kohorten sind mehr Menschen länger  
erwerbstätig als in älteren Kohorten. Altersübergangs-Report 2010-04.  
<http://www.iaq.uni-due.de/auem-report/2010/auem2010-04.php>

R. P. Ellegast: Fachgespräch Ergonomie 2004, Zusammenfassung der Vorträge  
des Fachgespräches Ergonomie am 15./16. November 2004 in Dresden. BGIA-  
Report 4/2005. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen  
Berufsgenossenschaften (HVBG), Berufsgenossenschaftliches Institut für  
Arbeitsschutz - BGIA, Sankt Augustin 2005, ISBN: 3-88383-687-7

R. P. Ellegast: Quantifizierung physischer Belastungen am Arbeitsplatz. Zbl Arbeitsmed 60 (2010) 386–389

U. Steinberg, F. Liebers, A. Klußmann: Manuelle Arbeit ohne Schaden. Grundsätze und Gefährdungsbeurteilung, 4.Auflage. Dortmund: 2014, ISBN: 978-3-88261-009-3

U. Leber, J. Stegmaier, T. Anita (2013): Altersspezifische Personalpolitik: Wie Betriebe auf die Alterung ihrer Belegschaften reagieren. (IAB-Kurzbericht, 13/2013), <http://www.iab.de/194/section.aspx/Publikation/k130628301>

Statistisches Bundesamt, Pressemitteilung vom 21. Februar 2014 – 60/14: 2012 war die Hälfte der 60- bis 64- Jährigen am Arbeitsmarkt aktiv. [https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2014/02/PD14\\_060\\_122.html](https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2014/02/PD14_060_122.html)

S. Mümken, M. Brussig, (2013): Sichtbare Arbeitslosigkeit: Unter den 60- bis 64-Jährigen deutlich gestiegen. Altersübergangsreport 2013-01. <http://www.iaq.uni-due.de/auem-report/2013/auem2013-01.php>

ZEIT-Stiftung / Handelskammer Hamburg / Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (2014): „Neue Wege bis 67“ - In der Produktion bis zur Rente. <https://www.zeitstiftung.de/aktuelles/detail/1493>

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
AMR	Arbeitsmedizinische Regel
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ASiG	Arbeitssicherheitsgesetz
AWSlight	Assembly Worksheet light
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BKK	Betriebskrankenkassen
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DIN	Deutsches Institut für Normung
DIN A3	Papierformat nach DIN 476
EN	Europäische Norm
FaSi	Fachkraft für Arbeitssicherheit
IAG	Institut für Arbeit und Gesundheit, der DGUV in Dresden
i. d. R.	in der Regel
KoBRA	Kooperationsprogramm zu normativem Management von Belastungen und Risiken bei körperlicher Arbeit
LMM-mA	Leitmerkalmethode Manuelle Arbeit
LMM-mA-E	Leitmerkalmethode Manuelle Arbeit Expertenverfahren
LMM-mA-EC	Leitmerkalmethode Manuelle Arbeit Expertenverfahren, in der Version der Professur für Arbeitswissenschaft der TU-Dresden
MSE	Muskel-Skelett-Erkrankungen
OWAS	Ovako Working Posture Analysing System
sog.	so genannt
Tab.	Tabelle
TU	Technische Universität
u. a.	unter anderem
WAI	Work Ability Index
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1-1: BAuA - Belastungs- und Beanspruchungsmodell nach Technischer Regel Betriebssicherheit [TRBS] 1151 (2015, S.5 ff.) und Schmauder M. (2018, S. 2).....	1
Abb. 1-2: BAuA – Zahlen-Daten-Fakten (2018, S. 45) und Suga (2016, S. 111)..	2
Abb. 1-3: Ausschnitt aus dem Produktprospekt Centerwave 6000, SIKORA AG .	3
Abb. 2-1: Methodik einer Ergonomieanalyse, -bewertung und -optimierung nach Kamusella (2015, S. 2) und Gröllich et al. (2016, S. 11) .....	5
Abb. 4-1: Rechtspyramide – physische Belastung/Lars van Brackel.....	10
Abb. 4-2: Nationale Rechtspyramide – physische Belastung/Lars van Brackel..	11
Abb. 4-3: Rücken- und bauchseitige Darstellung der oberen Extremitäten sowie ihrer möglichen Erkrankungen, IAG-Report 2 (2007, S. 16).....	16
Abb. 4-4: Bewertungsskala OWAS, ebd. ....	20
Abb. 4-5: Prozentuale Häufigkeit einzelner Arbeitshaltungen, ebd.....	21
Abb. 4-6: Wichtungstabelle – Art der Kraftausübung(en)/BAuA nicht öffentliche Zählregeln LMM-MA-E, (2012, S. 2) und Skript Kamusella C. (2018, S. 45) .....	26
Abb. 4-7: Wichtungstabelle – Hand- bzw. Armstellung, ebd.....	27
Abb. 4-8: Wichtungstabelle – Körperhaltung, ebd. ....	27
Abb. 4-9: Konzept zur Identifikation von Stellschrauben, Kamusella C. (2016, S. 12).....	29
Abb. 5-1: Beispielhafte Darstellung der Größe von Bauteilen des Centerwave 6000 .....	30
Abb. 5-2: Skizze des Arbeitsplatzes, Stand Dezember 2018/Februar 2019 .....	32
Abb. 5-3: Zusammengefügte Bauteile der in Tabelle 6 beschriebenen Teilvorgänge.....	34
Abb. 5-4: Technische Zeichnung und Foto vom Centerwave 6000 .....	35
Abb. 6-1: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang A: BOC-WDC-Element .....	45
Abb. 6-2: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang B: CWP-16-Box	46
Abb. 6-3: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang C: Rotationsring	46
Abb. 6-4: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang D: Ringplatte.....	46
Abb. 6-5: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang E: ‚Hochzeit‘ .....	46
Abb. 6-6: Ergebnis aus den Teilvorgängen von Hauptvorgang F: Komplettierung des Centerwave 6000.....	47
Abb. 7-1: Ergebnisdarstellung – Screenshot, LMM-mA-EC Excel (2017): internes Material, TU Dresden, Professur für Arbeitswissenschaft .....	51
Abb. 7-2: Ergebnisdarstellung – Screenshot, ebd. ....	52
Abb. 9-1: Darstellung eines ergonomischen Montagearbeitsplatzes mit Greif- und Funktionsräumen sowie formschlüssigen Betriebsmitteln .....	58

Abb. 9-2: Höhen- und neigungsverstellbarer Montagetisch für manuelle Tätigkeiten, Produktdarstellung, entnommen aus dem Internetauftritt der Firma <i>bauersysteme</i> .....	59
Abb. 10-1: BAuA, EmpfBS 1114 - Anpassung an den Stand der Technik, (Abb.1) (2018, S.4).....	61

## TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 4-1: Übersicht zum Anteil an Berufskrankheiten und Arbeitsunfähigkeitstagen, s. DGUV-Statistiken (2018, S. 62) und BAuA (2019, S. 45).....	12
Tab. 4-2: Arbeitsunfähigkeitstage nach Diagnosegruppe, Geschlecht und arbeitsbedingten Gesundheitsproblemen, BKK-Gesundheitsreport (2018, Tab. 1.2.2., S. 53).....	13
Tab. 4-3: Körper- und Zwangshaltungen, Skript C. Kamusella (2018, S.4 f.) .....	19
Tab. 4-4: Maßnahmenklassen nach OWAS, ebd. ....	21
Tab. 4-5: Belastungen, BAuA manuelle Arbeit ohne Schaden, (2014, S. 9).....	23
Tab. 4-6: Orientierungswerte für Finger- und Handkräfte, ebd. ....	24
Tab. 4-7: Faktoren bezüglich der max. Finger- und Handkräfte, ebd. S. 10 .....	24
Tab. 4-8: Maßnahmenklassen der LMM-mA-EC, Excel-Datei, 2017, Professur für Arbeitswissenschaft der TU Dresden .....	25
Tab. 5-1: Die wesentlichen Haltungspositionen bei der Montage .....	31
Tab. 5-2: Teil- und Hauptvorgänge der ersten Acht-Stunden-Schicht, A bis D ...	33
Tab. 5-3: Wesentliche Abmessungen zu den Abb. 5-3 und 5-4.....	36
Tab. 6-1: Durchgeführte Erfassungsschritte.....	36
Tab. 6-2: Ergebnisse des Grobscreenings nach AWSLight.....	37
Tab. 6-3: Tätigkeitszeiten der Hauptvorgänge ohne Zeiten der Vor- oder Nachbereitung .....	39
Tab. 6-4: Übersicht zu den in Hauptvorgang A bis D auftretenden Belastungen	40
Tab. 6-5: Übersichtsinformation zu den Belastungen aus Hauptvorgang E bis F41	
Tab. 6-6: Übersichtsinformation zu den Belastungen aus Hauptvorgang A bis D/Prozentualer Anteil.....	42
Tab. 6-7: Übersichtsinformation zu den Belastungen aus Hauptvorgang E bis F /Prozentualer Anteil .....	43
Tab. 7-1: Gesamtübersicht der Beurteilung der Körperhaltung nach dem OWAS-Verfahren.....	48
Tab. 7-2: Tätigkeitszeiten der Schichten, ohne Zeiten für die Vor- oder Nachbereitung .....	49

Tab. 7-3: REFA Fachbuchreihe – Arbeitsgestaltung (2014, S. 142) und Sähmann (1970).....	50
Tab. 8-1: Einflussgrößen der Belastungssituationen .....	53
Tab. 8-2: Vorher- Nachher Darstellung, nach Anwendung des Stellschraubenprinzips.....	55

## **ANLAGENVERZEICHNIS**

### **Anlagen I: Gesperrte Unterlagen**

<b>Anlage I.1:</b> Stücklisten Centerwave 6000 .....	Blatt A 1 - A 9
<b>Anlage I.2:</b> Technische Zeichnungen Centerwave 6000.....	Blatt B 1 - B 7
<b>Anlage I.3:</b> KoBRA Selbstbewertungsbogen Ergonomie.....	Blatt S.1 - S.12
<b>Anlage I.4:</b> AWSLight Einstufungsbogen.....	Blatt D 1 - D 2
<b>Anlage I.5:</b> Tätigkeitsbezogene Voranalyse.....	Blatt E 1 - E 6
<b>Anlage I.6:</b> Datenaufnahme OWAS.....	Blatt F 1 - F 2
<b>Anlage I.7:</b> OWAS Bewertung (nicht öffentlich).....	Blatt G1-G 23
<b>Anlage I.8:</b> OWAS Auswertung (nicht öffentlich).....	Blatt H 1 - H 8
<b>Anlage I.9:</b> LMM-MA Erhebungsbögen.....	Blatt D1-0.1 - F16/17-3.12 II
<b>Anlage I.10:</b> LMM-MA-EC Gesamtbewertung (nicht öffentlich) Excel in der Version TU-Dresden (Arbeitswissenschaften.....	Blatt J 1 - J 35

### **Anlagen II: Gesperrte Original Erhebungsbögen (LMM-MA 2012)**

<b>Anlage II.1:</b> LMM-MA Erhebungsbögen.....	BlattD1-0.1 - F16/17-3.12 II
------------------------------------------------	------------------------------

## **ANHÄNGE:**

**Anhang 1:** Tabelle Haupt- und Teilvorgänge (A bis F)

**Anhang 2:** Detaillerggebnisse zu den Stellschrauben, Excel

**Anhang 3:** Detailfotos Produktion Centerwave 6000

## **ANHANG 1**

**Tabelle Haupt- und Teilvorgänge (A - F),  
ohne Anteile der Vorbereitungen und  
Nebentätigkeiten**



**Tabelle 1:** Hauptvorgänge A bis F, Teilvorgänge nach Zählung LMM-MA (Papier-Bleistift-Methode)

<b>Mitarbeiter 1 - Erste 8 Stunden Tagesschicht</b>			
<b>Hauptvorgang A - Fertigung Bauteilkomponente BOC-WDC</b>			
<b>Teilvorgänge LMM-MA</b>		<b>OWAS</b>	<b>LMM-MA-CA</b>
0.1	Zusammenbau BOC WDC - DC/DC Converter 48V - 12V / 1 A	D1	B1
0.2	Zusammenbau BOC WDC - Grundelemente	D1	B2
0.3	Zusammenbau BOC WDC - Verkabelung	D1	B3
0.4	Zusammenbau BOC WDC - Platine I	D1	B4
0.5	Zusammenbau BOC WDC - Löten	D2	B5
0.6	Zusammenbau BOC WDC - LED Anzeigelampe Grün	D2	B6
0.7	Zusammenbau BOC WDC - Elektroklemmen	D2	B7
0.8	Zusammenbau BOC WDC - Platine/Lastwiderstand	D2	B8
<b>Hauptvorgang B - Fertigung Bauteilkomponente CWP-16</b>			
<b>Teilvorgänge</b>		<b>OWAS</b>	<b>LMM-MA-CA</b>
0.21	CWP-16-Box - Elektronik - 11550E	C1	A1
0.22	CWP-16-Box - Kühlkörper	C1	A2
0.23	CWP-16-Box - Platine	C1	A3
0.24	CWP-16-Box - Stecker	C1	A4
<b>Hauptvorgang C - Montage Großkomponente Rotationsring</b>			
<b>Teilvorgänge</b>		<b>OWAS</b>	<b>LMM-MA-CA</b>
1.1	Rotationsring - (4x - Leitersegmente)	A1-A4	C1
1.2	Rotationsring - (4x4 - Messing Segmente)	A5	C2
1.3	Rotationsring - Montage Zahnkranz/Ring + Vermessen Leitersegmente (4x)	A6	C3
1.4	Zahnkranz - Reinigen	A1-A5	C4
1.5	Rotationsring - Montage Ring + Schrauben fest drehen	A7	C5
1.6	Rotationsring - Montage Ring + große Schrauben fest drehen - solo Bewertung	A8	C6
1.7	Rotationsring - Detektor	A10-A12 + A9	C7
1.8	Detektorring - Silikon und Teflon aufbringen	A9	C8
1.9	Detektorring - Trichter	A13	C9
1.10	Detektorring - Dichtung für Trichter	A13	C10
1.11	Detektorring - Zusammenbau Meßfühler und Trichter	A14	C11
1.12	Detektorring - Verkabelung - CWP-16	A15	C12
1.13	Detektorring - Verkabelung - BOC-WDC	A15 + A16	C13 + C14
1.14	Detektorring - Verkabelung - Rotations-Sensor	A17	C15

Mitarbeiter 1 - Erste 8 Stunden Tagesschicht			
	Hauptvorgang D - Montage Großkomponente Ringplatte		
Teilvorgänge LMM-MA		OWAS	LMM-MA-EC
2.0	Sichern	B1	D1
2.1	Ringplatte - Lagermontage oben - (2x)	B2	D2
2.2	Ringplatte - Lagermontage unten - (2x)	B2	D3
2.3	Ringplatte - Stifte + Querverstrebung - schleifen	B3	D4
2.4	Ringplatte - Gewinde schneiden	B4	D5
2.5	Ringplatte - Motor anbringen	B5	D6
2.6	Ringplatte - Hartung Stecker	B6	D7
2.7	Ringplatte - Kabel verlegen und Löten	B7 + B8	D8
2.8	Ringplatte - Kabelarretierung	B9	D9
2.9	Ringplatte - Kabelstecker	B10	D10
2.10	Ringplatte - Signallampe	B11	D11
2.11	Ringplatte - Kohlestifte - Bohren, Tackern	B12 + B13	D12
2.12	Ringplatte - Lüfter	B14 + B15	D13
2.14	Motor Vormontage - Ringplatte -1	B17	D14
2.15	Motor Vormontage - Ringplatte -2	B16	D15
2.16	Ringplatte / Elektrokabel an Stecker	B18	D16
2.17	Ringplatte / Gummiring - Gehäusedichtung	B19	D17

Mitarbeiter 1 - zweite 8 Stunden Tagesschicht			
	Hauptvorgang E - Hochzeit		
Teilvorgänge		OWAS	LMM-MA-EC
3.1	Zusammenführen Ringplatte und Rotationsring	E1	A1
	Hauptvorgang B - Komplettieren des Centerwave / Endmontage		
Teilvorgänge		OWAS	LMM-MA-EC
3.2	Schmierblöcke - Vorbereitung	F1	B1
3.2	Schmierblöcke - Einbau	F2	B1
3.3	Einbau Ritzel - Antrieb	F3	B2
3.4	Abdeckblech - Weiß-Stator	F4	B3
3.5	Abdeckblech - Lager-Weiß	F5	B4
3.6	Transportplatte - Querverstrebungen	F6 + F7	B5
3.6	Transportplatte - Querverstrebungen - Transportplatte	F6 + F7	B5
3.7	Kohlestifte - Ausrichten	F8	B6
3.8	Reperatur - Lüfterdeckel	F9 + F10	B7
3.8	Lüfterdeckel - Einbau	F9 + F10	B7
3.9	Abdeckbleche 2x- unten	F11 + F12	B8
3.9	Abdeckbleche 2x- unten	F11 + F12	B8
3.10	Abschleifen Messingringe	F13	B9

Mitarbeiter 1 - zweite 8 Stunden Tagesschicht			
3.11	Verschrauben - Weiße-Abdeckung	F14	B10
3.12	Weißer Abdeckring	F15 + F16	B11
3.13	Abdeckbleche 2x- Oben	F17 + F18	B12
3.13	Abdeckbleche 2x- Oben	F17 + F18	B12

## **Anhang 2**

**Detailergebnisse zu den Stellschrauben,  
Excel (2018) TU-Dresden**

OWAS: Gesamtbewertung für die Hauptvorgänge E bis F, nach Optimierung der Gesamtkörperhaltung und Haltungskombinationen, an den Stellschrauben der Hauptvorgänge E und F.

Tab. 1: Neue Bewertungstabelle für die %-Verteilung des Zeitanteiles je 8 h Tagesschicht

Bewertung / Einstufung								Gesamtkörperhaltung (Rücken + Arme + Beine)
Kopf	dynamisch (d) oder statisch (s)	Rücken	dynamisch (d) oder statisch (s)	Arme (Basis-Methode)	dynamisch (d) oder statisch (s)	Beine	dynamisch (d) oder statisch (s)	
1	s	1	s	1	s	1	s	1
1	s	2	s	1	s	2	s	1
1	s	2	s	1	s	2	s	1
1	s	2	s	1	s	2	s	1
1	s	1	s	1	s	1	s	1
2	s	1	s	1	s	1	s	1
2	s	1	s	1	s	1	s	1
2	s	2	s	1	s	2	s	1
1	s	2	s	1	s	2	s	2
1	s	2	s	1	s	1	s	1
2	s	2	s	1	s	1	s	1
1	s	1	s	1	s	1	s	1
2	s	3	s	2	d	1	s	2
1	s	2	s	1	s	2	s	1
2	s	1	s	1	s	2	s	1
2	s	2	s	1	s	2	s	1
1	s	2	s	1	s	1	s	2
1	s	2	s	2	s	2	s	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	d	2	d	1	d	7	d	2

Tab. 2: Neue Bewertungstabelle nach OWAS, nach Optimierung der Hauptvorgänge E bis F

Gesamtanzahl der Einzelbewertungen (100%):		19						
	Verteilung der statischen Stellungen							
	Bewertungskennzahl*	1	2	3	4	5	6	7
Kopf	Prozent von Gesamtanzahl	54,0%	32,1%	0,0%	0,0%	0,0%		
	Einstufung							
Rücken	Prozent von Gesamtanzahl	27,0%	50,0%	9,1%	0,0%			
	Einstufung							
Arme	Prozent von Gesamtanzahl	70,9%	6,0%	0,0%				
	Einstufung							
Beine	Prozent von Gesamtanzahl	49,7%	36,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Einstufung							
	Verteilung der dynamischen Stellungen							
	Bewertungskennzahl*	1	2	3	4	5	6	7
Kopf	Prozent von Gesamtanzahl	0,0%	13,9%	0,0%	0,0%	0,0%		
	Einstufung							
Rücken	Prozent von Gesamtanzahl	0,0%	13,9%	0,0%	0,0%			
	Einstufung							
Arme	Prozent von Gesamtanzahl	13,9%	9,1%	0,0%				
	Einstufung							
Beine	Prozent von Gesamtanzahl	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13,9%
	Einstufung							

<b>Gesamtkörperhaltung</b>				
Bewertungskennzahl *	1	2	3	4
Prozent von Gesamtanzahl	55,1%	44,9%	0,0%	0,0%
Einstufung				

OWAS: Gesamtbewertung für die Hauptvorgänge A bis D, nach Optimierung der Gesamtkörperhaltung und Haltungskombinationen, an den Stellschrauben der Hauptvorgänge A und B.

Tab. 3: Neue Bewertungstabelle für die %-Verteilung des Zeitanteiles je 8 h Tagesschicht.

Bewertung / Einstufung								Gesamtkörperhaltung (Rücken + Arme + Beine)
Kopf	dynamisch (d) oder statisch (s)	Rücken	dynamisch (d) oder statisch (s)	Arme (Basis-Methode)	dynamisch (d) oder statisch (s)	Beine	dynamisch (d) oder statisch (s)	
2	d	3	d	1	d	2	d	2
2	d	2	d	1	d	2	d	2
2	s	3	d	1	d	2	s	1
3	d	3	d	2	d	2	d	1
3	d	3	s	1	d	1	s	1
2	d	3	d	1	d	2	d	1
<b>2</b>	<b>s</b>	<b>1</b>	<b>d</b>	<b>1</b>	<b>d</b>	<b>2</b>	<b>s</b>	<b>1</b>
5	s	4	d	1	d	2	s	2
2	d	2	s	1	d	2	d	2
5	s	3	s	2	s	4	s	2
5	s	3	s	2	s	1	s	2
2	s	1	s	1	s	1	s	1
2	s	1	s	1	s	1	s	1
5	s	3	s	1	s	2	s	1
3	s	3	s	1	s	2	s	1
2	s	2	s	1	s	1	s	2
2	s	1	s	1	s	2	s	1

5	d	3	d	1	d	4	d	1
3	s	3	s	1	s	1	s	1
2	s	1	s	1	s	2	s	1
4	s	1	s	3	s	1	s	1
5	s	3	s	1	s	1	s	1
2	s	4	s	1	s	1	s	2
3	s	3	s	1	s	1	s	1
2	s	1	s	1	s	1	s	1
2	s	1	s	1	s	2	s	1
2	s	1	s	1	s	1	s	1
3	s	2	d	1	d	1	s	2
1	s	1	s	3	s	2	s	2
2	s	1	s	1	s	1	s	1
2	s	1	s	1	s	1	s	1
3	s	3	s	2	s	4	s	4
3	s	1	s	1	s	1	s	1
3	s	1	s	1	s	2	s	1
5	s	3	s	1	s	1	s	1
2	s	1	d	1	d	7	d	1

<b>1</b>	<b>s</b>	<b>1</b>	<b>s</b>	<b>1</b>	<b>d</b>	<b>1</b>	<b>s</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>s</b>	<b>1</b>	<b>s</b>	<b>1</b>	<b>d</b>	<b>1</b>	<b>s</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>s</b>	<b>1</b>	<b>s</b>	<b>1</b>	<b>d</b>	<b>1</b>	<b>s</b>	<b>1</b>



Tab. 4: Neue Bewertungstabelle nach OWAS, nach Optimierung der Hauptvorgänge A bis B

Gesamtanzahl der Einzelbewertungen (100%):				39				
	Verteilung der <i>statischen</i> Stellungen							
	Bewertungskennzahl*	1	2	3	4	5	6	7
Kopf	Prozent von Gesamtanzahl	29,9%	30,5%	18,4%	0,6%	7,9%		
	Einstufung							
Rücken	Prozent von Gesamtanzahl	53,8%	4,1%	22,1%	1,4%			
	Einstufung							
Arme	Prozent von Gesamtanzahl	42,9%	1,9%	2,8%				
	Einstufung							
Beine	Prozent von Gesamtanzahl	66,4%	22,2%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%
	Einstufung							

	Verteilung der <i>dynamischen</i> Stellungen							
	Bewertungskennzahl*	1	2	3	4	5	6	7
Kopf	Prozent von Gesamtanzahl	0,0%	7,6%	4,1%	0,0%	0,9%		
	Einstufung							
Rücken	Prozent von Gesamtanzahl	7,2%	2,3%	7,3%	1,9%			
	Einstufung							
Arme	Prozent von Gesamtanzahl	51,8%	0,6%	0,0%				
	Einstufung							
Beine	Prozent von Gesamtanzahl	0,0%	8,3%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,6%
	Einstufung							

Gesamtkörperhaltung				
Bewertungskennzahl*	1	2	3	4
Prozent von Gesamtanzahl	84,9%	14,1%	0,0%	0,9%
Einstufung				

LMM-mA-EC: Gesamtbewertung, für die Hauptvorgänge A bis D, nach Optimierung der Körperhaltung, Höhe der Kraftausübung, Greifbedingungen, Hand-Armstellung, Haltedauer und Arbeitsorganisation (Vorbereitungs- und Nebentätigkeitszeiten reduziert) an den Stellschrauben der Hauptvorgänge A und B.

Errechnung der zeitgewichteten Gesamtbewertung												
Teilaufgabe	Dauer [h]	Krafthöhe		Kraftübertragung		Einzelwichtungen Gelenkstellung		Arb-Orig.	Ausf.	Haltung	Zeit	Punkte
		li	re	li	re	li	re					
A	0,2	1,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,6	2
B	0,5	1,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0	0,8	2
C	2,1	1,8	7,3	0,4	1,2	0,3	1,0	0,0	1,0	1,0	1,5	18
D	2,6	1,4	6,4	0,3	1,0	0,3	1,0	0,1	1,0	1,0	1,8	19
	5,4											

Variante analog LMM H E

zeitgewichtete Einzelwichtungen											max. mögl.
A	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
B	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0
C	0,7	2,8	0,1	0,4	0,1	0,4	0,0	0,4	0,4	0,4	4
D	0,7	3,1	0,1	0,5	0,1	0,5	0,0	0,5	0,5	0,5	5

**Gesamtwert** **32** **Punkte**

Der Gesamtwert ist im **Risikobereich 3** einzuordnen.

Risikobereich ***)	Punktwert	Beschreibung
1	<10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis <25	Mittlere Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis <50	Erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind zu prüfen.
4	≥50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

\*\*\*) Die Grenzen zwischen den Risikobereichen sind aufgrund der individuellen Arbeitstechniken und Leistungsvoraussetzungen fließend. Damit darf die Einstufung nur als **Orientierungshilfe** verstanden werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten die Belastung des Muskel-Skelett-Systems zunimmt.

Abb. 1: Hauptvorgänge A - D, Optimierung der Hauptvorgänge A bis B - Punktwert von 47 auf 32 gesenkt bei gleichbleibenden Risikobereich.

LMM-mA-EC: Gesamtbewertung, für die Hauptvorgänge E bis F, nach Optimierung der Körperhaltung, Höhe der Kraftausübung, Greifbedingungen, Hand-Armstellung, Haltedauer und Arbeitsorganisation (Vorbereitungs- und Nebentätigkeitszeiten reduziert) an den Stellschrauben der Hauptvorgänge E und F.

Errechnung der zeitgewichteten Gesamtbewertung E - F												
Teilaufgabe	Dauer [h]	Krafthöhe		Kraftübertragung		Gelenkstellung		Arb.-Org.	Ausf.	Haltung	Zeit	Punkte
		ll	re	ll	re	ll	re					
E	0,3	1,2	1,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,0	1,0	1,0	0,7	2
F	1,8	1,3	2,5	0,4	0,8	0,4	0,8	0,0	0,7	1,0	1,4	8
	2,1											

Variante analog LMM H E  
0,4  
8,1  
8,5

zeitgewichtete Einzelwichtungen										max. mögl.
E	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	1
F	1,1	2,1	0,4	0,7	0,4	0,7	0,0	0,6	0,8	5

**Gesamtwert 9 Punkte**

Der Gesamtwert ist im **Risikobereich 2** einzuordnen.

Bewertung		
Risikobereich ***)	Punktwert	Beschreibung
1	<10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis <25	Mittlere Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis <50	Erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind zu prüfen.
4	≥50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

\*\*\* Die Grenzen zwischen den Risikobereichen sind aufgrund der individuellen Arbeitstechniken und Leistungsvoraussetzungen fließend. Damit darf die Einstufung nur als **Orientierungshilfe** verstanden werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten die Belastung des Muskel-Skelett-Systems zunimmt.

Abb. 2: Optimierung der Hauptvorgänge E bis F, von Risikobereich 2 auf 1 gesenkt, Punktwert von 22 auf 9 gesenkt.

## **Anhang 3**

### **Detailfotos Produktion Centerwave 6000**



Bild 1: Blick in den Centerwave Bild 2: Tragegestell zur Montage beim Kunden

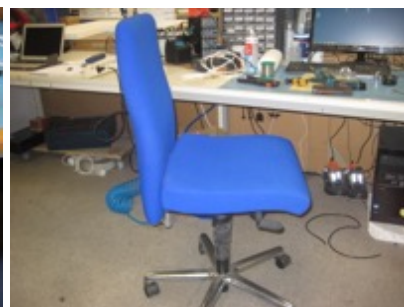
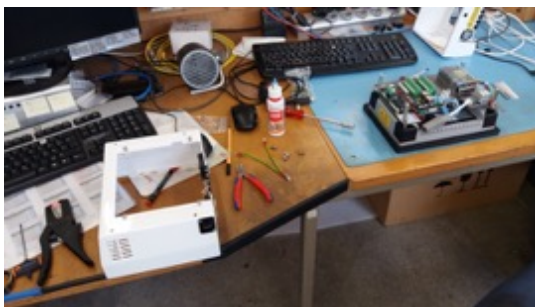


Bild 3: Arbeitstisch (Abb. 5.2)

Bild 4: Arbeitsstuhl!



Bild 5: Montagegestell (Abb. 5-2)

Bild 6: Montagetätigkeit - stehend



Bild 7: Montagetätigkeit - sitzend



Bild 8: manuelle Tätigkeit



Bild 9: manuelle Tätigkeit



Bild 10: manuelle Tätigkeit



Bild 11: manuelle Tätigkeit, (Beispiel für nicht erfolgter Abstimmung zwischen Konstruktion und Montagetätigkeit)





Bild 12: Materialwagen



Bild 13: Kleinmaterial aus Stückliste



Bild 14: Montagegestell mit Centerwave



Bild 15: Arbeitsplatz



Bild 15: Hydraulische Hubarbeitsbühne für schwere Lasten und Hauptvorgang E

### **Selbständigkeitserklärung**

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde, weder im In- noch Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit, vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Die Zustimmung der Firma SIKORA AG in Bremen zur Verwendung betrieblicher Unterlagen liegt vor, ebenso die persönliche Einverständniserklärung des Mitarbeiters zur Aufnahme und Verwendung der Daten entsprechend gültiger ethischer Richtlinien und Datenschutzbestimmungen.

Hamburg den 20.08.2019      Lars van Brackel  
....., ....., .....

Ort	Datum	Unterschrift des Verfassers
-----	-------	-----------------------------